

SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Un percorso attraverso concetti e nozioni fondamentali
per addentrarsi nel vasto mondo della Scienza della Informazione Geografica

SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Un percorso attraverso concetti e nozioni fondamentali
per addentrarsi nel vasto mondo della Scienza della Informazione Geografica

A cura di Emanuela Caiaffa

2006 ENEA
Ente per le Nuove tecnologie
l'Energia e l'Ambiente

Lungotevere Thaon di Revel, 76
00196 Roma

ISBN 88-8286-140-6

L'immagine centrale della copertina è stata tratta da
<http://www.rockvillemd.gov/gis/index.html> e rielaborata



SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Un percorso attraverso concetti e nozioni fondamentali
per addentrarsi nel vasto mondo
della Scienza della Informazione Geografica

EMANUELA CAIAFFA

L'indirizzo di posta elettronica dell'autore è *caiaffa@casaccia.enea.it*

INDICE

INTRODUZIONE	9
1. CONCETTI FONDAMENTALI E DEFINIZIONE DI GIS	11
1.1 Cosa è un GIS	11
1.2 Dati o informazioni?	12
1.3 Come si costruisce un GIS	13
1.3.1 <i>Individuazione e raccolta dati</i>	13
1.3.2 <i>Individuazione delle User requirements</i>	14
1.4 Cosa fa un GIS	14
1.4.1 <i>Compiti del GIS</i>	14
1.4.2 <i>Inserimento dei dati nel GIS</i>	15
1.4.3 <i>Elaborazione dei dati nel GIS</i>	16
1.4.4 <i>Gestione dei dati</i>	18
1.4.5 <i>La ricerca ed analisi dei dati (query and analysis)</i>	19
1.4.6 <i>Visualizzazione dei dati</i>	20
1.5 Cosa è un'applicazione GIS	23
1.6 Esempi reali di applicazioni GIS realizzate nell'ambito delle attività del Laboratorio GIS dell'ENEA Casaccia	23
1.6.1 <i>Il GIS e l'eGovernment</i>	25
1.6.2 <i>EUMARIS: il GIS per l'assessment dei mari europei</i>	28
1.6.3 <i>Il GIS come strumento di analisi dei bilanci idrici in un'area potenzialmente soggetta al fenomeno desertificazione</i>	31
1.6.4 <i>Conclusioni</i>	37
2. ELEMENTI DEL GIS	39
2.1 Componenti di un GIS	39
2.2 Il concetto di dato/informazione geografica e le Relazioni spaziali	41
2.2.1 <i>Il concetto di dato/informazione geografica</i>	41
2.2.2 <i>Relazioni spaziali</i>	43
2.3 La scala di rappresentazione del dato geografico	45
2.4 La cartografia digitale	48
2.4.1 <i>Immagini dal passato</i>	48
2.4.2 <i>La cartografia e il GIS</i>	50
2.5 La georeferenziazione dei dati. Coordinate geografiche, sistemi di proiezione e sistemi di riferimento	53
2.5.1 <i>La georeferenziazione dei dati</i>	53
2.5.2 <i>La rappresentazione del territorio</i>	55
2.5.3 <i>Sistemi di coordinate</i>	57
2.5.4 <i>Concetti di Latitudine e Longitudine</i>	61
2.5.5 <i>Sistemi di proiezione</i>	63
2.5.6 <i>Sistemi di riferimento</i>	66

3. IL MODELLO DEI DATI	73
3.1 Il modello vettoriale dei dati	73
3.2 Il modello raster dei dati	76
3.2.1 <i>Un mondo fatto di pixel</i>	76
3.2.2 <i>Remote sensing</i>	80
3.3 Il modello tridimensionale dei dati	81
3.4 Che cosa sono le strutture dei dati in un GIS	84
3.4.1 <i>Struttura dei dati geografici in un calcolatore</i>	84
3.4.2 <i>Gestione dei files geografici in un calcolatore</i>	85
3.5 Il modello dei dati orientato agli oggetti: il Geodatabase	89
4. FUNZIONI E OPERATORI GIS	91
4.1 Funzioni GIS	91
4.2 Operatori GIS	95
5. GIS IN INTERNET	97
5.1 Tecnologie coinvolte nel GIS in Internet	97
5.1.1 <i>Internet GIS lato server</i>	97
5.1.2 <i>Internet GIS lato client</i>	98
5.2 Internet GIS	99
6. IL CORSO IN DISTANCE LEARNING SIGEO	101
6.1 I contenuti del corso SIGEO	101
6.2 Moduli di apprendimento	104
6.2.1 <i>Modulo 1</i>	104
6.2.2 <i>Modulo 2</i>	106
6.2.3 <i>Modulo 3</i>	107
6.2.4 <i>Modulo 4 e Modulo 5</i>	108
6.3 Moduli accessori	110
6.3.1 <i>Moduli Approfondimenti e Link per i più curiosi</i>	110
6.4 Il forum SIGEO	112
6.5 Conclusioni	113
7. LA META INFORMAZIONE: COSA È ED A CHE COSA SERVE	115
7.1 Lo standard dei metadati geografici FGDC	117
7.2 Lo standard dei metadati geografici ISO/TC 211	120
7.3 Metainformazione, condivisione, interoperabilità della Informazione Geografica	122

APPENDICE ESERCITAZIONI	127
A.1 Dimostrazione 1: Rappresentazione di dati territoriali mediante simboli. Esempio di simbolizzazione dei temi: centri abitati (ArcView)	128
A.2 Dimostrazione 2: Come <i>agganciare</i> dei dati tabellari ad un territorio (ArcView)	135
A.3 Dimostrazione 3: Creazione di uno strato informativo come sottoinsieme di uno strato informativo più generale (ArcView)	144
A.4 Dimostrazione 4: percorso di esercitazione da realizzare con il software ArcExplorer	154
GLOSSARIO	167
Altri glossari on line	176
SITI DI INTERESSE	177
BIBLIOGRAFIA	181
Dall'autrice	181
Immagini tra presente e passato	183
Meta informazione geografica e Standard geografici	186
eGovernment	188
Web GIS	189
Remote sensing	190
RIVISTE GIS	191

INTRODUZIONE

Il crescente interesse suscitato dalla Scienza dell'Informazione Geografica combinato al successo delle sempre più sofisticate tecnologie GIS (Geographic Information System) ha fortemente incentivato lo sviluppo di nuovi campi di applicazione per la conduzione dei quali i Sistemi Informativi Geografici si sono rivelati uno strumento efficace ed insostituibile. Tali circostanze hanno determinato lo sviluppo di nuove tecniche, sia hardware che software, rendendo di fatto possibile l'utilizzo di applicazioni GIS, in campi fino a ieri inesplorati, capaci di soddisfare le più svariate richieste provenienti non solo dal mondo della ricerca scientifica (analisi territoriale ambientale, elaborazioni geostatistiche, assessment) ma anche da quello della pianificazione del territorio, delle politiche ambientali, del monitoraggio socio-economico di un territorio, e, non ultimo, dei servizi offerti ai cittadini nell'era dell'Information Communication Technology (ICT) (eGovernment).

Le applicazioni condotte con l'uso del GIS hanno come risultato finale la creazione di carte tematiche che costituiscono l'essenza del GIS stesso e dalla loro lettura è possibile cogliere, analizzare, risolvere, situazioni di criticità di carattere ambientale, sociale, economico, antropico ecc. ovvero tutte quelle situazioni legate alla valutazione, al controllo ed alla gestione di un territorio.

Oltre alle tradizionali applicazioni, che vedono lo strumento GIS in primo piano nelle discipline scientifiche, l'introduzione dell'uso dell'Informazione Geografica (IG) nel campo dell'eGovernment apre la strada ad un più innovativo *geo-eGovernment* e favorisce lo sviluppo di nuove figure professionali, addette alla gestione ed alla restituzione, in forma geografica, di dati ed informazioni utili alla amministrazione di servizi socio-economici-ambientali nella Società basata sulla Conoscenza.

Per stare al passo con i molteplici cambiamenti, dettati dall'avvento della Knowledge Based Society, è tempo che all'interno delle Pubbliche Amministrazioni, dei Ministeri, degli Enti Locali, dei Parchi ecc. vengano messi a disposizione strumenti innovativi e competitivi per la valorizzazione di figure professionali ad hoc, ed è anche tempo che all'interno della Scuola vengano introdotti i mezzi necessari sia per una corretta ed adeguata formazione dei docenti che per la formazione degli studenti in tal senso.

L'insieme di tutte queste circostanze rivela la necessità e l'importanza di avere a disposizione e di essere in grado di offrire una valida e moderna educazione/formazione su che cosa è l'Informazione Geografica, come trarre vantaggio dal suo utilizzo nei sempre più numerosi ed inaspettati campi di applicazione, come beneficiare delle cospicue ed elevate potenzialità offerte dallo strumento GIS.

A vantaggio di tutte quelle categorie che già operano o opereranno nei vari settori appena elencati, la presente pubblicazione sul GIS offre, come valore aggiunto, tra la vasta produzione letteraria esistente in materia, uno stile nella trattazione degli argomenti appositamente formulato per indurre il più alto numero di persone a familiarizzare con concetti non facili da assimilare, spesso completamente nuovi, che sono alla base della Scienza dell'Informazione Geografica, l'importanza dei quali è ancora sottostimata dagli specialisti e dagli addetti ai lavori.

A fronte di tutte queste motivazioni, per lo svolgimento degli argomenti contenuti nel presente volume, si è scelto di partire dalla descrizione di temi di base, usando uno stile nella esposizione intenzionalmente semplice ma estremamente completo e a trattazione rigorosa con lo scopo di cercare di riempire un vuoto nel campo della diffusione dell'IG e dei GIS che generalmente risulta affetta in alcuni casi, da una formulazione eccessivamente specialistica, in altri, da una enunciazione semplicistica e nozionistica degli argomenti.

In tal senso, i contenuti presentati all'interno del presente volume mirano soprattutto a fare emergere concetti e nozioni che ruotano attorno al mondo dell'Informazione Geografica, della Geografia e del GIS, senza tralasciare di tracciare alcune linee di storia sulla nascita della cartografia, come pure di descrivere l'essenza ed il significato delle funzioni tipiche del GIS o degli operatori GIS piuttosto che a fornire una semplice elencazione che è già argomento di qualsiasi manuale di software GIS disponibile in commercio o liberamente scaricabile da Internet.

È opportuno, infine, far notare che, all'interno del presente volume, il GIS non è descritto solamente come uno strumento informatico, bensì viene collocato in un panorama più complesso fatto di competenze umane e ruoli professionali che vi concorrono, risorse hardware e software che lo compongono, accorgimenti e procedure che contribuiscono ad una corretta progettazione e successiva realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale che si riveli efficace nel fornire le risposte attese.

1. CONCETTI FONDAMENTALI E DEFINIZIONE DI GIS

Il presente Capitolo, introduttivo al GIS, è dedicato alla individuazione e descrizione di alcune nozioni di base coinvolte nelle tecnologie GIS (Geographic Information Systems). Si cercherà di fornire gli elementi concettuali, tecnici ed applicativi fondamentali per una corretta progettazione ed un efficace uso dei GIS.

1.1 Cosa è un GIS

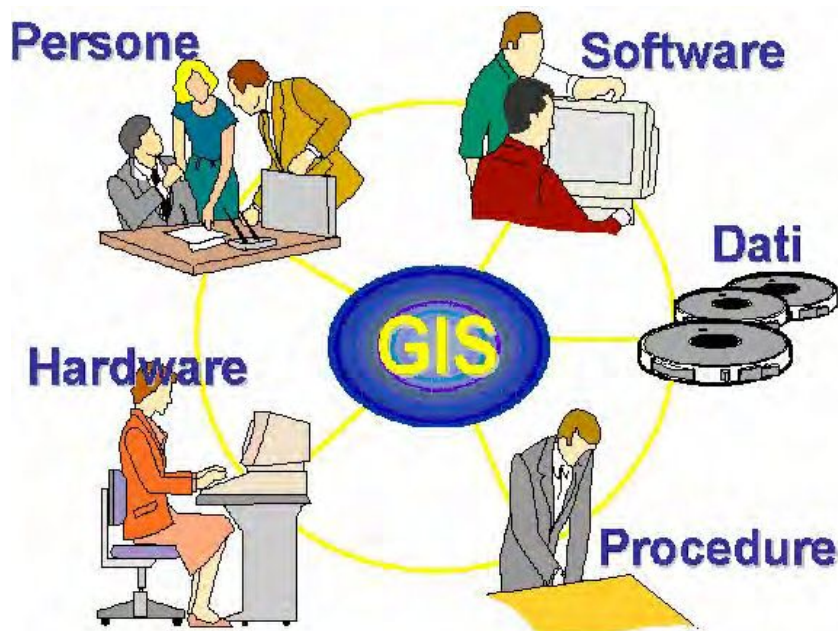
Per capire il significato dello strumento GIS e per fare sì che il lettore segua il giusto percorso verso la conoscenza del mondo dei GIS, vengono forniti alcuni concetti di base utili a questo scopo.

Un GIS (Geographic Information System) è l'insieme complesso di risorse hardware¹, software², umane ed intellettive per acquisire, processare, analizzare, immagazzinare e restituire in forma grafica ed alfanumerica dati riferiti ad un territorio.

Il GIS è uno strumento informatico per l'acquisizione, l'elaborazione, la restituzione e l'aggiornamento di dati spazialmente riferiti alla superficie terrestre.

E ancora si può dire che: il GIS è uno strumento *computer-based* che permette di realizzare analisi spaziali attraverso la rappresentazione digitale di una area geografica combinata con una serie di altre informazioni di tipo alfanumerico che dipendono sostanzialmente dallo studio che si vuole condurre di volta in volta.

Tale strumento informatico non è solo un programma applicativo per computer, ma un sistema composto di hardware, software e soprattutto di persone in grado di sviluppare analisi territoriali tanto sul piano scientifico quanto sul piano logico-concettuale.



¹ Termine che designa le componenti fisiche di un elaboratore e delle sue unità periferiche.

² Termine che designa l'insieme delle procedure, dei programmi e della documentazione relativa che guidano l'hardware di un elaboratore.

La validità dei risultati ottenuti è condizionata in ugual modo da tutte le suddette componenti: la carenza di una sola di queste è in grado di condizionare fortemente la qualità dell'intero sistema.

Le tecnologie GIS, oltre a fornire uno strumento per integrare e correlare dati di natura assai diversa tra loro, hanno introdotto la possibilità di *vedere* i dati e/o l'ammontare dei dati stessi su una mappa fornendo anche la posizione di dette informazioni nello spazio e nel tempo.

Il GIS consente di associare alla rappresentazione grafica di ogni elemento del territorio tutti gli attributi che ne definiscono le proprietà non solo spaziali, ma anche fisiche, temporali etc. Gli attributi risiedono in un database: ogni operazione eseguita nel database, secondo le sue funzionalità tipiche, può essere visualizzata nel suo risultato grafico.

1.2 Dati o informazioni?

L'Informazione Geografica, considerata non solo come un dato fine a se stesso, bensì come una serie di informazioni introdotte in un più vasto ambito territoriale e soprattutto relazionate al contesto socio-economico, ci aiuta ad entrare nel mondo della rappresentazione geografica dei molteplici aspetti che costituiscono la realtà socio-territoriale che ci circonda.

La quasi totalità dei dati e delle informazioni, utili a qualsiasi tipo di analisi o studio, possiede una componente geografica che lo strumento GIS è in grado di catturare e di evidenziare rendendo possibile l'analisi degli stessi dati in un inesplorato contesto che ha il pregio di mostrare nuovi aspetti e correlazioni tra le informazioni legati al territorio.

Qualunque tipo di dato, quindi, contiene in sé un riferimento geografico: contiene cioè la posizione nello spazio e nel tempo di dove e quando tale informazione è utile e fruibile. Un qualsiasi dato, da semplice numero o valore, può dunque trasformarsi in dato geografico una volta corredato di coordinate geografiche, quindi posizione che occupa nello spazio, valore numerico del dato stesso, posizione che occupa nel tempo, attributi ecc.

La maggiore attrattiva dello strumento GIS è quella di poter contenere *tutto in uno* moltissime informazioni e dati, anche assai diversi fra loro, come carte uso del suolo³, mappe catastali⁴, ortofoto⁵, carte topografiche⁶, immagini da satellite⁷ e tabelle in Excel che, una volta integrate in un GIS ad hoc, danno l'opportunità anche ai non addetti ai lavori, di poter formulare giudizi e/o previsioni legati alla gestione del territorio.

³ Tipo di carta descrittiva per ogni area, il suo uso del suolo secondo determinate classi che possono essere più o meno numerose a seconda della scala più o meno particolareggiata di rappresentazione.

⁴ Carte del Catasto.

⁵ Foto prese generalmente da aereo o da satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

⁶ Tipo di carta che descrive la conformazione del territorio con l'ausilio di curve di livello (linee che seguono punti sulla terra di eguale altitudine). Le carte topografiche contengono di solito sia informazioni di geografia fisica che socio-economiche, come centri urbani, strade ecc.

⁷ Risultato della elaborazione dei dati acquisiti tramite particolari e diversi sensori equipaggiati di un satellite.

Una semplice coppia di coordinate geografiche non può certo costituire un'informazione utile a qualsiasi tipo di studio, ma se a questa coppia di coordinate si legano una serie di altri valori numerici, alfanumerici, statistici, allora il dato geografico diventa informazione. Se il tutto è poi rappresentato su una mappa per mezzo delle tecnologie offerte dai GIS va da sé che l'uso di tale strumento di rappresentazione dell'informazione diventa assai vasto e con potenzialità davvero elevate.

1.3 Come si costruisce un GIS

La costruzione di un GIS implica la definizione di tecnologie che consentono l'integrazione di dati, per natura diversi tra loro, nonché lo sviluppo di funzioni di volta in volta dettate dalle necessità dei singoli utenti.

1.3.1 Individuazione e raccolta dati

Il primo passo verso la costruzione di un GIS, dopo avere verificato l'effettiva necessità della sua realizzazione, sta nell'individuazione, il più precisa possibile, del risultato che si vuole ottenere.

Spesso si assiste alla costruzione di Sistemi Geografici giganteschi per la semplice visualizzazione di un aspetto fisico del territorio mentre viceversa non si hanno mai abbastanza dati ed informazioni laddove si vuole legare lo studio del territorio con gli aspetti socio-economici che lo interessano.

Una giusta e bilanciata analisi di che cosa si dovrà studiare e, soprattutto, di che cosa si vuole ottenere è una prerogativa indispensabile nella fase di progettazione di un GIS che dia poi i risultati aspettati.

Una volta definito l'obiettivo si procede, quindi, alla ricerca di quali sarebbero i dati necessari per condurre lo studio in esame. Tale fase è estremamente delicata per vari aspetti che si possono così sintetizzare:

- la ricerca dei dati, qualora non strettamente mirata alle necessità, potrebbe portare alla dispersione di energie ed a perdere di vista l'obiettivo previsto;
- la ricerca dei dati deve tenere conto della scala⁸ necessaria alla rappresentazione del risultato aspettato; non ci si può dotare, ad esempio, di una base cartografica di scala 1:1.000.000 avendo l'esigenza di rappresentare sulla carta aspetti geografici e caratterizzazioni del territorio a scala locale per cui è necessario un grande dettaglio (Capitolo 2, paragrafo 3);
- la ricerca dei dati deve avvenire tenendo conto che i diversi tipi di strati informativi⁹ andranno integrati e sovrapposti in un unico sistema di riferimento geografico; sebbene pressoché tutti i software di gestione di dati cartografici abbiano incorporata la *facility* che permette di convertire le coordinate da un sistema di riferimento geografico ad un altro, sarebbe auspicabile dotarsi di carte tematiche omogenee aventi lo stesso sistema di riferimento geografico;

⁸ La scala di rappresentazione di una distanza tra due punti su una mappa è data dal rapporto tra la distanza sulla mappa e la distanza sulla superficie terrestre.

⁹ Lo strato informativo o layer è l'unità base della gestione dei dati in un GIS. Lo strato informativo, in un GIS, può contenere solo un tipo di elemento geografico: linee per una rete stradale, punti per i centroidi delle sedi comunali ecc.

- la ricerca dei dati deve essere condotta anche tenendo conto della finestra temporale in cui si vuole operare per integrare ed elaborare dati, informazioni e fenomeni che avvengono nello stesso intervallo di tempo.

1.3.2 Individuazione delle User requirements

È necessario individuare il più realisticamente possibile quelle che saranno le esigenze dell'utente finale. Per la definizione di questo punto è necessario tenere anche conto del profilo professionale di coloro che saranno gli utilizzatori dello strumento GIS: in poche parole di come e quanto semplificato dovrà risultare l'uso dello strumento che deve comunque essere in grado di compiere tutte quelle funzioni concordate con l'utilizzatore finale.

Viene ora riportata una lista di *user requirements* fondamentali che costituiscono la base di qualsiasi GIS.

La costruzione di un GIS necessita di soddisfare le seguenti minime richieste dell'utente finale:

- definire l'area di interesse geografico;
- costruire mappe tematiche, secondo le proprie esigenze ed in maniera interattiva, dallo schermo del proprio computer;
- manipolare dati sia tabulari che statistici associati a ciascun strato tematico¹⁰ della mappa;
- muoversi in avanti e/o indietro tra gli strati tematici nella mappa e nei dati tabulari su cui essa è basata;
- salvare un set di strati tematici e tabelle associate;
- creare *files* di esportazione di strati tematici e tabelle associate;
- stampare *hardcopies* delle mappe tematiche dallo *screen*;
- combinare mappe tematiche, testo e altre forme grafiche in un layout¹¹ cartografico;
- produrre documenti cartografici da *layouts* predefiniti;
- disporre di un sistema basato sui più diffusi software.

1.4 Cosa fa un GIS

Questo paragrafo è dedicato alla descrizione dei compiti specifici di un GIS.

Partendo dagli aspetti legati alla manipolazione ed analisi dei dati all'interno di un GIS si procede alla descrizione dei modi e dei metodi di presentazione e visualizzazione delle informazioni geografiche elaborate con il GIS.

1.4.1 Compiti del GIS

Un GIS immagazzina informazioni e dati del mondo che ci circonda come una collezione di strati tematici che possono essere uniti tra loro dalla geografia ovvero dalla loro posizione geografica.

¹⁰ Rappresentazione del risultato della elaborazione dei dati in un GIS nella quale ai punti, alle linee o alle superfici sono associati dei simboli, a retini e/o colori, a cui è affidata la rappresentazione cartografica del tema in oggetto.

¹¹ Uscita grafica che mostra il risultato delle elaborazioni GIS effettuate sugli strati informativi.

I maggiori problemi del mondo di oggi come sovrappopolazione, deforestazione, disastri naturali, hanno tutti in comune la loro dimensione geografica.

Un GIS è in grado di raccogliere e gestire informazioni per natura, formato e provenienza, diverse tra loro, renderle compatibili, consentire l'applicazione di procedure di analisi e di sintesi delle stesse.

Per spiegare che cosa fa un GIS conviene elencare una serie dei più significativi campi di applicazione di un GIS:

- pianificazione territoriale;
- *assessment* (valutazione) territoriale;
- gestione di reti tecnologiche;
- analisi e pianificazione di reti tecnologiche;
- monitoraggio ambientale;
- salvaguardia dei beni culturali;
- simulazione del traffico;
- piani di disinquinamento;
- cartografie tematiche, cartografie geologiche, sismiche, di uso del suolo;
- Piani Regolatori Urbanistici e di settore;
- gestione di pratiche catastali;
- studi di impatto ambientale;
- gestione del patrimonio edilizio;
- controllo della produzione agricola;
- marketing territoriale;
- analisi socio-economiche;
- pianificazione di reti distributive;
- analisi della domanda di servizi ecc.;
- analisi delle reti di vendita (*geomarketing*);
- analisi demografiche;
- analisi dei rischi;
- analisi dei percorsi ottimali;
- Individuazione sul territorio dei punti vendita ottimali.

Un Geographic Information System *general purpose* essenzialmente è in grado di eseguire compiti come:

- caricamento dei dati all'interno di un GIS;
- elaborazione dei dati;
- gestione dei dati;
- richieste ed analisi sui dati;
- visualizzazione dei dati.

1.4.2 Inserimento dei dati nel GIS

Qualsiasi dato, geografico e non, per poter essere utilizzato all'interno di un GIS, deve essere convertito in un formato digitale adatto. Avremo perciò delle tabelle, spesso di un data base relazionale, contenenti coppie di numeri che costituiscono le coordinate geografiche degli oggetti da esaminare sulla mappa, seguiti da campi della tabella stessa, legati a tale posizione sulla carta, che contengono i diversi attributi dell'oggetto in questione.

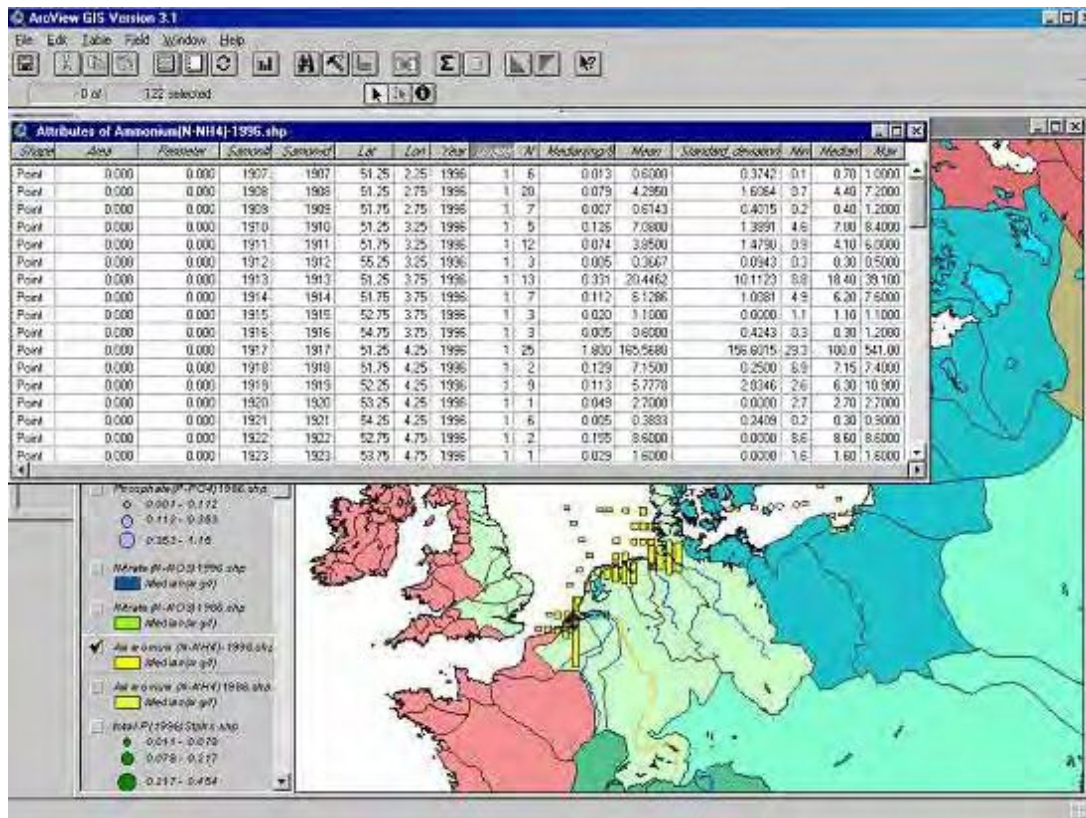


Figura 1.1 - Rappresentazione tabellare e simbolica dei dati in un GIS

Attualmente molti tipi di dati geografici già esistono in un formato compatibile con quelli richiesti dalle tecnologie GIS e quindi questi dati una volta individuati ed ottenuti possono essere direttamente caricati nel GIS.

La figura 1.1 mostra i valori delle concentrazioni di Ammonium disperse nelle acque superficiali del Mare del Nord, dando la visione sia tabellare che cartografica degli stessi dati.

1.4.3 Elaborazione dei dati nel GIS

I diversi tipi di dati acquisiti per soddisfare le richieste dei vari progetti GIS necessiteranno di essere trasformati o manipolati in qualche modo per essere compatibili tra loro e con il sistema GIS in generale. Per esempio se per uno stesso progetto risultassero reperibili solo dati a diverse scale o con diversi formati o ancora peggio con diversi riferimenti geografici, tali dati andranno resi omogenei tra di loro per poter essere usati all'interno del GIS.

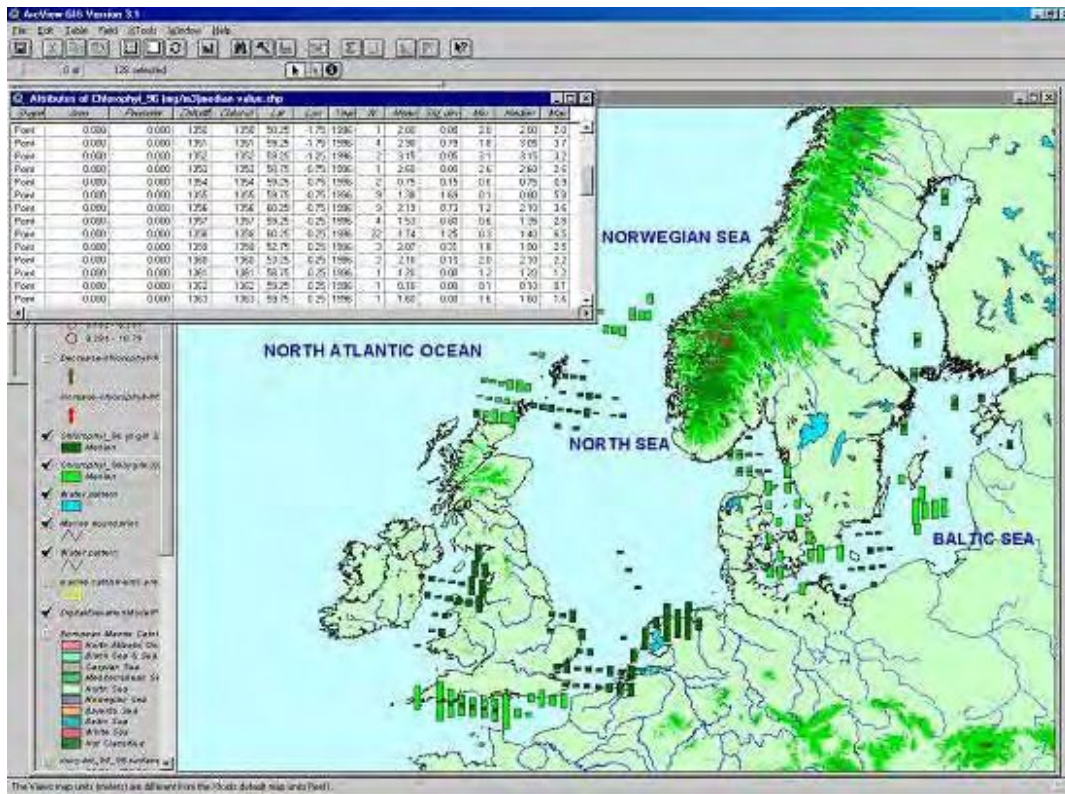


Figura 1.2 - Elaborazione dei dati

Dalla totalità dei dati disponibili è possibile selezionare, come mostrato in figura 1.2, i valori, ad esempio, delle concentrazioni della Clorofilla 'a' (nelle acque superficiali del Mare del Nord), per due anni significativi (i dati scelti per l'esempio sono relativi agli anni 1986, barretta verde chiaro, e 1996, barretta verde scuro) e metterli a confronto tra loro sfruttando i vantaggi offerti dalla visione grafica che ci permette di vedere (sul mare e alla foce dei grandi fiumi) oltre alla locazione precisa delle concentrazioni in esame, anche il loro valore (più o meno grande) individuato dalla lunghezza della barretta (più o meno lunga). Inoltre poiché i dati in oggetto provengono dalla medesima stazione di misura a mare, la visione grafica, grazie alla sovrapposizione degli strati informativi relativi ai due differenti anni, offre anche un'immediata informazione di dove tali concentrazioni aumentano o diminuiscono nel tempo.

Un altro tipo di visualizzazione dei dati elaborati, figura 1.3, e forse proprio l'aspetto che rende il GIS uno strumento unico nel suo genere, è la possibilità di simbolizzare gli stessi dati e/o le stesse proprietà dei dati su una mappa. Questo concetto si traduce nella possibilità di affidare l'analisi dei dati alla rappresentazione simbolica dei valori misurati. La figura 1.3 in oggetto infatti presenta gli stessi dati della figura 1.2 ma in un modo diverso. Sono state infatti selezionate solo le stazioni di cui si avevano a disposizione i valori delle concentrazioni misurate per entrambi gli anni dell'esempio. Si è calcolata la differenza dei valori di tali concentrazioni e si è tematizzata la direzione del cambiamento con delle frecce in su o in giù.

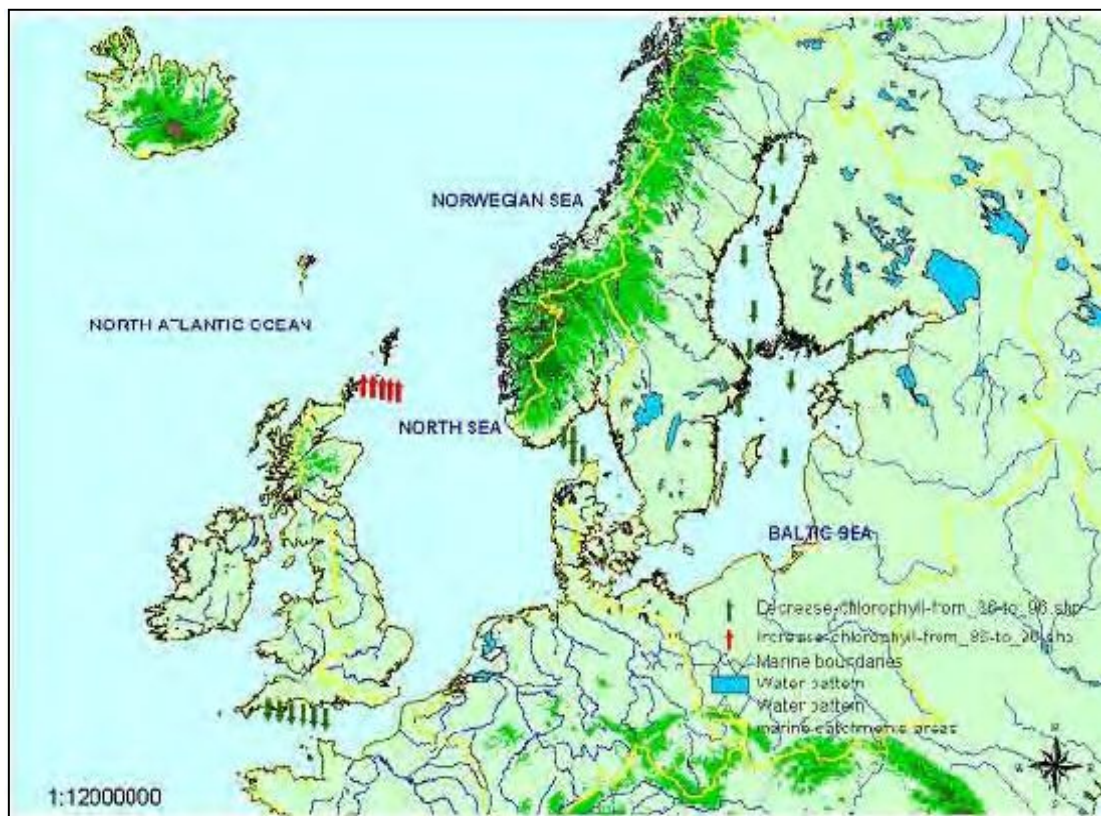


Figura 1.3 - Elaborazione dati

La figura 1.3 mostra quindi sostanzialmente gli stessi dati della figura 1.2, manipolati in modo da dare un risultato visivo del loro valore intrinseco numerico, fornendo in più una chiara informazione su dove tale valore aumenta e dove diminuisce nell'intervallo di tempo preso in considerazione dall'esempio.

1.4.4 Gestione dei dati

Per progetti GIS di modesta grandezza e complessità può essere sufficiente, ed addirittura risultare conveniente, immagazzinare l'informazione geografica come semplici *files*. Viceversa quando la mole dei dati diventa veramente grande e il numero degli utenti è consistente, è meglio usare un database management system (DBMS) relazionale che aiuti ad immagazzinare, organizzare e gestire tali grandi moli di dati. In un database relazionale quindi i dati sono immagazzinati concettualmente come una collezione di tabelle. Campi comuni in differenti tabelle di attributi vengono usati per unire le tabelle stesse tra loro (figura 1.4).

Point	Area	Perimeter	Shape	X	Y	Year	Quarter	N	Marketing	Mean	Standard deviation	Min	Max		
Point	0.000	0.000	3898	3898	58.25	9.25	1998	1	12	0.325	5.2625	0.3731	4.850	5.240	6.0800
Point	0.000	0.000	3899	3899	58.75	9.25	1998	1	12	0.472	7.7525	1.0223	6.390	7.610	8.1500
Point	0.000	0.000	3900	3900	57.75	9.75	1998	1	10	0.364	7.0925	2.8536	5.120	5.870	13.9800
Point	0.000	0.000	3901	3901	58.25	9.75	1998	1	3	0.333	5.3667	0.0047	5.360	5.370	5.3700
Point	0.000	0.000	3902	3902	57.75	10.25	1998	1	3	0.318	5.1567	0.0377	5.130	5.130	5.2100
Point	0.000	0.000	3903	3903	59.25	10.25	1998	1	8	0.756	12.3275	0.9546	11.540	12.190	13.2600
Point	0.000	0.000	3904	3904	58.25	10.75	1998	1	1	0.475	7.6600	0.0000	7.660	7.660	7.6600
Point	0.000	0.000	3905	3905	57.25	10.75	1998	1	1	0.412	6.6800	0.0424	6.650	6.650	6.7400
Point	0.000	0.000	3906	3906	57.75	10.75	1998	1	6	0.400	6.4767	1.0396	5.430	6.455	7.6400
Point	0.000	0.000	3907	3907	58.25	10.75	1998	1	6	0.374	6.0300	0.5843	5.300	6.040	6.6200
Point	0.000	0.000	3908	3908	58.75	10.75	1998	1	3	0.472	7.7367	0.1791	7.610	7.610	7.9000
Point	0.000	0.000	3909	3909	59.25	10.75	1998	1	32	0.526	8.6813	1.9207	5.340	6.626	13.6500
Point	0.000	0.000	3910	3910	59.75	10.75	1998	1	16	0.865	13.6869	2.2295	8.680	13.955	17.1700
Point	0.000	0.000	3911	3911	58.25	11.25	1998	1	1	0.265	5.7300	0.0000	5.730	5.730	5.7300
Point	0.000	0.000	3912	3912	57.75	11.25	1998	1	3	0.441	7.2267	0.1508	7.120	7.120	7.4400
Point	0.000	0.000	3913	3913	58.25	11.25	1998	1	6	0.483	7.4150	0.6989	6.620	7.465	8.1600
Point	0.000	0.000	3914	3914	57.25	11.75	1998	1	1	0.211	3.4000	0.0000	3.400	3.400	3.4000
Point	0.000	0.000	3915	3915	56.25	12.25	1998	1	1	0.301	4.9500	0.0000	4.950	4.950	4.9500
Point	0.000	0.000	3916	3916	56.75	12.25	1998	1	1	0.285	4.2700	0.0000	4.270	4.270	4.2700
Point	0.000	0.000	3917	3917	55.25	12.75	1998	1	1	0.296	4.8100	0.0000	4.810	4.810	4.8100
Point	0.000	0.000	3918	3918	56.25	12.75	1998	1	1	0.369	5.9500	0.0000	5.950	5.950	5.9500
Point	0.000	0.000	3919	3919	58.75	12.75	1998	1	1	0.335	5.4100	0.0000	5.410	5.410	5.4100

Figura 1.4 - Esempio di gestione dei dati

1.4.5 La ricerca ed analisi dei dati (query and analysis)

Una volta costruito il GIS secondo i dati disponibili e gli obiettivi richiesti, può cominciare la fase di ricerca e soprattutto di analisi dei dati.

Un GIS permette di effettuare semplici richieste di dati con il metodo del *point and click*¹² sulla mappa tematica disponibile per l'applicazione in corso, fornendo anche strumenti utili all'analisi temporale dei dati, come la costruzione e la restituzione grafica delle serie temporali, oltre che all'analisi spaziale dei dati stessi, da parte di manager e analisti.

Il *geomarketing*¹³, ad esempio, come altri numerosi campi di applicazione, primo fra tutti quello della pianificazione territoriale, utilizza l'analisi spaziale per incorporare nelle statistiche dei dati socioeconomici la variabile geografica, al fine di elaborare ed evidenziare nuove informazioni utili alla definizione delle variabili di mercato legate ad uno specifico territorio.

¹² L'azione/funzione offerta dal GIS di posizionarsi su un punto preciso di un oggetto su una mappa, cliccare ed ottenere, per esempio, informazioni su tale oggetto.

¹³ Individuazione del potenziale successo di certi tipi di mercato rispetto alla loro collocazione geografica.

L'analisi spaziale per la pianificazione territoriale (il cui scopo è di capire dove ad esempio sarebbe più utile collocare un ospedale, un liceo classico anziché scientifico, e così via) ha bisogno di incorporare diverse fonti informative, che vanno dalla densità della popolazione, l'indice di vecchiaia della popolazione stessa, efficienza e/o ricettività delle strutture già esistenti ecc., fino ad arrivare, ad esempio, all'utilizzo di dati forniti dalle ortofoto¹⁴. Queste ultime si sono rivelate particolarmente utili nello studio di alcune applicazioni urbane per valutare la densità dell'edificato e per effettuare misure di accessibilità, distanza e relazione spaziale delle variabili di marketing e di utilizzo delle infrastrutture. La figura 1.5 è un esempio di come l'informazione contenuta in una ortofoto può essere *agganciata* alla porzione di territorio ad essa relativa. Un tale strumento GIS di analisi spaziale, fornito ad esempio ad un'amministrazione comunale, potrebbe essere finalizzato a dare informazioni sulla destinazione d'uso delle entità territoriali dell'amministrazione stessa, indicando anche il migliore posizionamento delle infrastrutture.

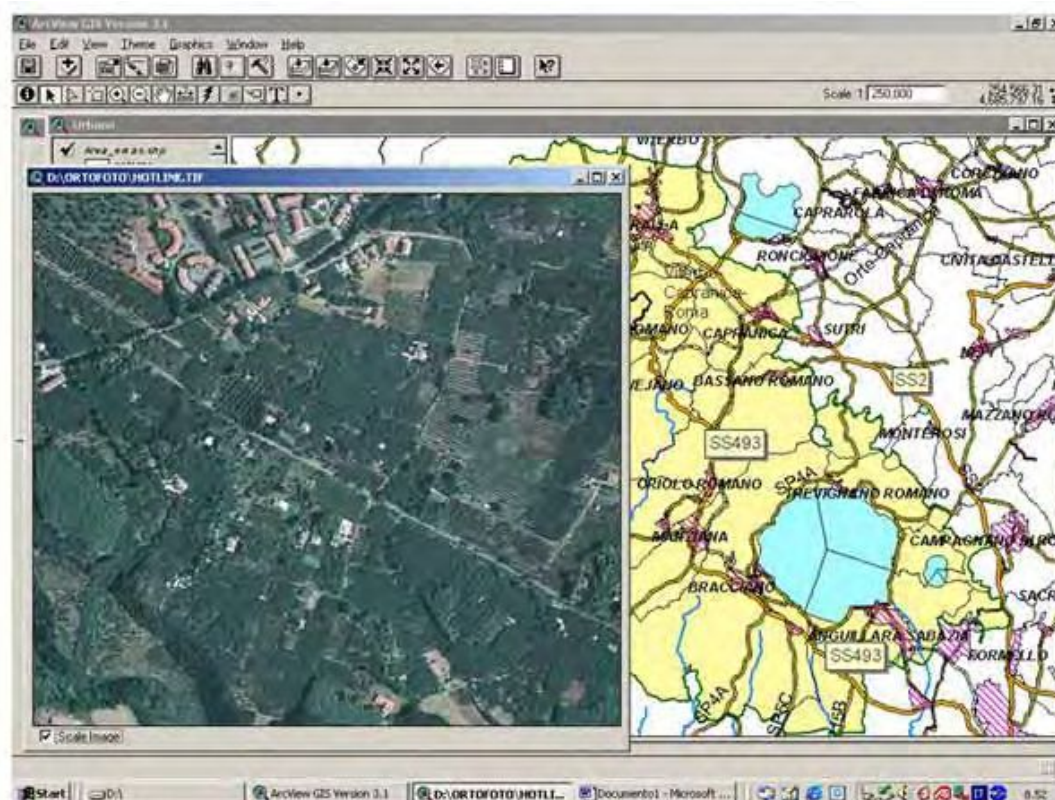


Figura 1.5 - Ortofoto esplicative dell'espansione urbana

1.4.6 Visualizzazione dei dati

Le figure 1.1, 1.2 e 1.3 dei paragrafi 1.4.2 e 1.4.3 danno un'efficace idea di quella che può essere la rappresentazione dei dati su una mappa in un GIS: il così detto *data viewing*.

¹⁴ Foto prese generalmente da aereo o da satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

Le tecniche di visualizzazione offerte dalle tecnologie GIS hanno raggiunto negli ultimi anni un ottimo livello di affidabilità e chiarezza ulteriormente arricchitosi dalle recenti tecniche di visualizzazione in 3D. Questo sottoparagrafo è dedicato a due aspetti fondamentali della rappresentazione dell'informazione geografica per mezzo del GIS che sono il *viewing*¹⁵ e il *charting*¹⁶.

VIEWING

Come già mostrato nei paragrafi 1.4.2 e 1.4.3 (figura 1.1, figura 1.2, figura 1.3), un GIS è composto da una serie di *layer*¹⁷ o strati informativi o ancora strati tematici. Questo significa che, dovendo rappresentare un insieme di temi sulla stessa area geografica, è possibile creare uno strato per ciascun tema per poi sovrapporli a piacere e nella combinazione desiderata.

Per esempio la vista riportata in figura 1.6 contiene, nella porzione di finestra a sinistra, tutti i diversi *layers* (o strati cartografici tematici), che l'utente può visualizzare sia da soli che combinati tra loro e anche ad una scala geografica desiderata.

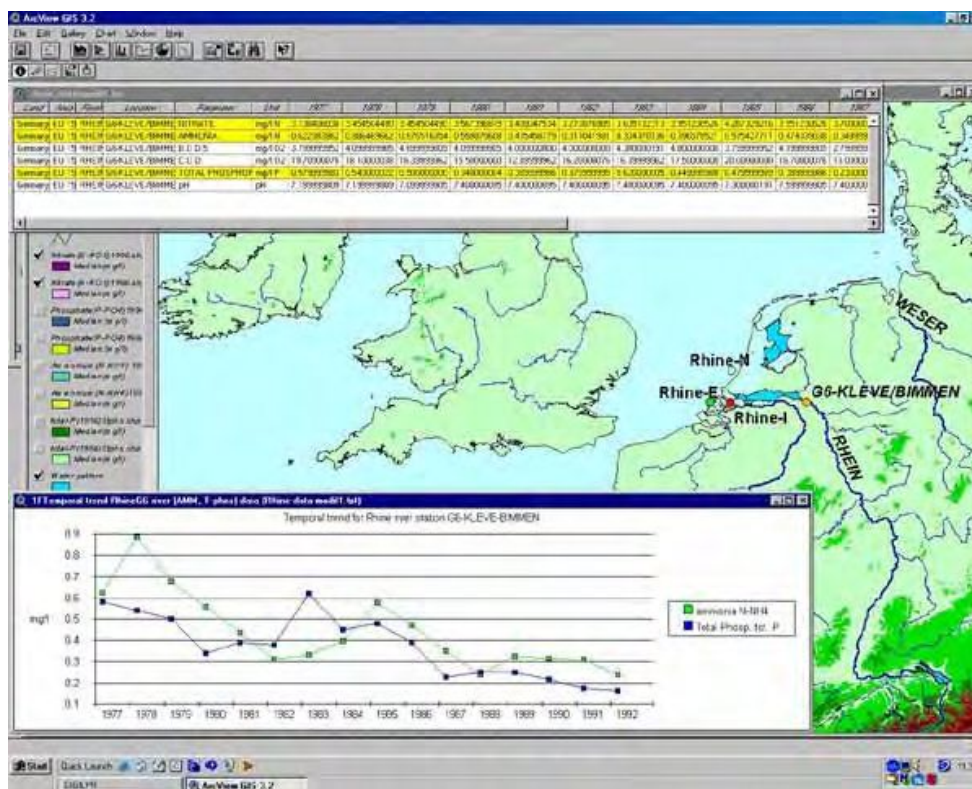


Figura 1.6 - Data viewing con trend temporale

¹⁵ Rappresentazione dell'informazione geografica (visualizzazione di dati geografici e non) attraverso tecniche di elaborazione dei dati e *facilities* offerte dal GIS.

¹⁶ Il *data charting* o *charting* è una delle *facilities* offerte dal GIS per presentare informazioni tabulari complesse sotto forma di grafico dinamicamente legato (link dinamico) alla mappa.

¹⁷ Strato informativo.

La figura 1.6 mostra un tipico esempio di *data viewing*, con la rappresentazione del trend temporale per il tema di cui ovviamente si dispone della serie storica dei dati. Uno dei punti di forza del GIS è la possibilità di mostrare i dati nella loro evoluzione temporale mediante una rappresentazione sia tabellare che grafica. La figura 1.6 ad esempio mostra il trend temporale per le concentrazioni di Ammonia (N-NH₄) e Total Phosphorous (tot P) alla foce del Fiume Reno nel Mare del Nord.

CHARTING

Un altro efficace metodo per la rappresentazione di dati numerici, contenuti nella tabella degli attributi di uno strato tematico, è il *data charting*¹⁸.

I *charts* graficano i valori numerici contenuti nelle tabelle degli attributi, mostrano le relazioni che intercorrono tra loro ed inoltre forniscono l'indiscutibile vantaggio dell'impatto visuale che sintetizza, nel grafico, il significato dei valori numerici listati nelle tabelle degli attributi stesse (figura 1.7).

È possibile preparare diversi *chart* di dati da visualizzazione per poi richiamarli nel loro risultato grafico cliccando direttamente sul punto di misura sulla mappa.

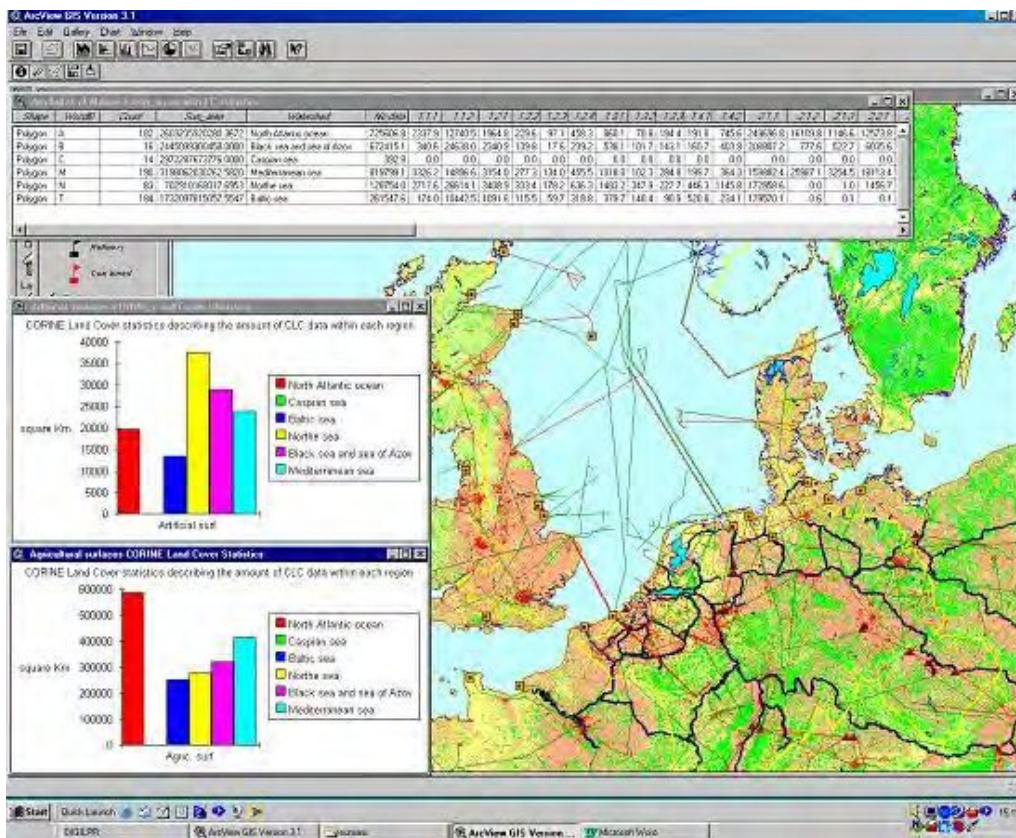


Figura 1.7 - Data viewing con charts

¹⁸ Il *data charting* o *charting* è una delle *facilities* offerte dal GIS per presentare informazioni tabulari complesse sotto forma di grafico dinamicamente legato (*link* dinamico) alla mappa.

L'utente può compiere interattivamente delle modifiche sulle caratteristiche del *chart* (ad esempio può cambiare i dati da rappresentare graficamente, o l'intervallo temporale che si vuole rappresentare nel grafico) perché i *charts* sono legati dinamicamente (link dinamico) alle tabelle native dei dati nel GIS. La figura 1.7 mostra come dal *charting* dei dati tabellari, in questo caso le statistiche del Land Cover¹⁹, diventa facile interpretare le serie dei dati tabulari. L'utente può scegliere il parametro, che vuole rappresentare in un *chart*, dalla tabella e poi può cambiare aggiungere, cancellare parametri nuovi o vecchi dal *chart* stesso.

1.5 Cosa è un'applicazione GIS

Spiegare cosa si intende per applicazione GIS implica praticamente individuare l'essenza del GIS stesso.

Un'applicazione GIS è l'insieme dei dati, dei componenti hardware e software e delle persone che realizzano uno strumento per la valutazione, lo studio e la risoluzione di varie problematiche aventi la comune caratteristica di essere legate al territorio.

Partendo da tale approccio ciascun utente dovrà ideare la sua applicazione GIS; in effetti se lo scopo è realizzare un GIS per la valutazione (*assessment*) dei mari europei si dovrà necessariamente costruire un GIS diverso da quello che studia le risposte delle strutture (ad esempio beni artistici e culturali) alle sollecitazioni di un terremoto, di varia intensità e natura, in un centro storico con elevato rischio sismico.

Ciascuna applicazione ha quindi bisogno, oltre che di programmi ed interfacce, anche di un *modello dati* ad essa orientato. Per modello dati orientato si intende un modello dati che tenga conto di come i dati debbano essere organizzati, elaborati e correlati tra loro, per fornire all'utente finale le risposte attese dalla messa in opera dell'applicazione GIS stessa.

La progettazione di un'applicazione GIS implica una precisa conoscenza di quelli che sono gli obiettivi da raggiungere con la messa a punto del GIS stesso. Per questo la ricerca della migliore combinazione di dati territoriali, ambientali e socio economici, la individuazione della condizione di migliore adattamento fra i dati disponibili e una precisa definizione delle richieste dell'utenza cui il GIS è destinato a fornire risposte, diventano temi essenziali.

Esempi reali di applicazioni GIS si possono trovare accuratamente riferite nella parte bibliografica alla fine di questo libro.

1.6 Esempi reali di applicazioni GIS realizzate nell'ambito delle attività del Laboratorio GIS dell'ENEA Casaccia

Scopo di questo breve paragrafo è quello di presentare le attività svolte dal Laboratorio GIS dell'ENEA Casaccia negli anni che vanno dal 1995 al 2006. La panoramica delle applicazioni GIS qui elencate è solo indicativa ed ha lo scopo di dimostrare la varietà delle discipline e i diversi campi di applicazione per lo studio dei quali vengono sempre più spesso privilegiate soluzioni GIS.

¹⁹ Letteralmente copertura del terreno, è il risultato della elaborazione di certe immagini ottenute da satellite che danno la destinazione d'uso del suolo.

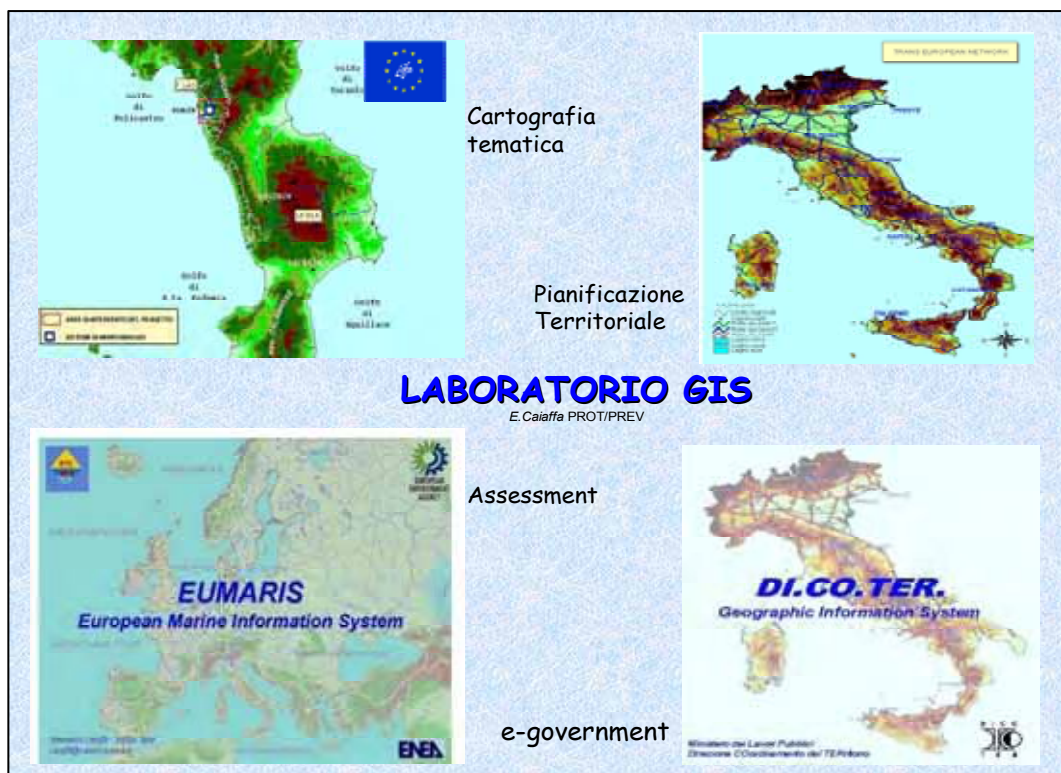


Figura 1.8 - Alcuni esempi di realizzazioni GIS

Nella figura 1.8 vengono presentati alcuni titoli dei prodotti GIS realizzati. In alto a sinistra è, ad esempio, sintetizzato il risultato del GIS messo a punto nell'ambito del progetto LIFE per lo studio riguardante la Bonifica del bacino del Fiume LAO che interessa una particolare zona della Regione Calabria.

Il GIS EUMARIS (E. Caiaffa, 1999, 2000) è il Sistema Informativo Territoriale realizzato per conto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente, con sede a Copenhagen, che è descritto per esteso nel paragrafo 1.6.2.

Il GIS, DI.CO.TER. Geographic Information System, è stato realizzato nell'ambito delle convenzioni stipulate tra l'ENEA ed il Ministero dei Lavori Pubblici allo scopo di sviluppare applicazioni di interesse specifico della Direzione per il COordinamento del TERRitorio, (DI.CO.TER.), di suddetto Ministero. Sin dalla fase di progettazione si è operato per dare a tale GIS, sviluppato ad hoc per la DICOTER, un carattere di Osservatorio delle Trasformazioni Territoriali: una sorta di contenitore dinamico di dati e di informazioni di natura assai diversa tra loro, omogeneizzate ed integrate all'interno del GIS, con cui sviluppare applicazioni che rispondano alle esigenze dettate di volta in volta dalla DI.CO.TER. stessa (E. Caiaffa, 2000).

Nella figura 1.9 è invece mostrata la sintesi dei risultati prodotti dal GIS realizzato come contributo allo *Studio di vulnerabilità al rischio di allagamento della Piana di Fondi per risalita del livello del mare* (E. Caiaffa, G. Leoni, 2002). Questa applicazione GIS ha evidenziato le grandi potenzialità offerte dallo strumento GIS per la rappresentazione delle dinamiche territoriali e come esse siano legate al contesto socio-economico in cui si verificano.



Figura 1.9 - Dettaglio delle basi topografiche con indicati il livello del mare attuale e i livelli futuri

Come è possibile notare, dalla carta tematica mostrata in figura 1.9, attraverso l'analisi spaziale, effettuata con l'ausilio delle funzioni offerte dal GIS, è stato possibile produrre uno scenario, assolutamente preliminare e migliorabile, che tuttavia è in grado di fornire una stima quantitativa del valore degli elementi a rischio, come abitazioni, colture ecc., e ci consente la produzione di scenari virtuali di supporto alla pianificazione territoriale.

1.6.1 Il GIS e l'eGovernment

Nell'ambito della ricerca di soluzioni GIS applicabili a studi e caratterizzazioni socio-economiche territoriali, è stato realizzato il GIS NewTuscia sviluppato all'interno del Progetto LIFE NEWTUSCIA come contributo allo studio di analisi ambientale preliminare della Tuscia Romana. Il GIS NewTuscia, che è stato interamente sviluppato dal Laboratorio GIS di Casaccia, ha prodotto una serie di carte tematiche, 36 per la precisione, attraverso la visione delle quali è stato possibile effettuare una lettura di tipo preliminare sullo stato dell'ambiente dell'area presa in studio da tale progetto LIFE. (E. Caiaffa, F. Frattarelli, 2004).

Come esempio, nella figura 1.10 è mostrata una delle 36 carte tematiche prodotte con il GIS (E. Caiaffa, F. Frattarelli, 2004).che mostra, messi in evidenza, tutti i Comuni che hanno aderito al progetto ed hanno fornito i dati che sono stati omogeneizzati, integrati ed elaborati all'interno del GIS stesso.



Figura 1.10 - Area di interesse dello studio di Analisi Ambientale Iniziale

Qualunque processo di Analisi Ambientale che mira ad essere recepito a livello politico, sociale ed economico, deve essere supportato da dati e da informazioni utili allo scopo e deve essere sviluppato tenendo conto della territorialità delle grandezze in gioco.

Per l'analisi ambientale del comprensorio della Tuscia romana sono stati raccolti dati ed informazioni di natura, provenienza e formato assai diversi tra loro (mappe cartacee, tabelle, grafici, immagini e strati informativi territoriali digitali). Utilizzando le grandi potenzialità offerte dallo strumento GIS, tali dati sono stati analizzati, valutati congiuntamente e quindi omogeneizzati ed integrati al fine della rappresentazione delle dinamiche territoriali, mettendo altresì in luce come esse siano legate al contesto socio economico in cui si verificano.

L'uso di un Sistema Informativo Geografico per questo tipo di studio consente un dialogo interdisciplinare tra le varie materie che studiano il territorio e le attività umane su di esso insediate, coinvolgendo i diversi attori pubblici e privati che operano sul territorio stesso o sono chiamati a gestire i problemi sociali ed ambientali: in tale contesto lo strumento GIS è chiamato a fare da ponte tra scienziati, *decision maker* e cittadini. Tramite le tecniche GIS è possibile legare al dato geografico, consultare in linea e analizzare qualsivogliano indicatori statistici con la possibilità di conoscere il tipo e l'ammontare dell'attività antropica nell'area in studio. Inoltre la circostanza di poter agganciare ogni tipo di documento al territorio apre un'ampia gamma di opportunità per conoscere, con una collocazione spaziale, se l'area da pianificare è posta sotto qualche restrizione (aree a protezione paesaggistica, aree di interesse archeologico, riserva naturale, parco ecc.) per quanto concerne il suo sviluppo sostenibile nel tempo.

Infine, ma assolutamente di non trascurabile importanza, risulta il problema dell'analisi costi benefici dell'uso del GIS nella politica decisionale. Tuttavia è importante sottolineare che avere un GIS a disposizione correttamente progettato e adeguatamente realizzato, porterà benefici a diversi tipi di categorie di utenti: scienziati, decisori politici, personale amministrativo tecnico ecc.

Infatti il prodotto GIS New Tuscia così realizzato può essere, non solo consultato, ma anche aggiornato ed usato in modo tale da fornire un valido supporto per la valutazione e la revisione dei programmi e degli interventi sul territorio nonché per il monitoraggio delle azioni che saranno intraprese per il conseguimento di eventuali obiettivi di miglioramento ambientale.

La figura 1.11 mostra una caratterizzazione del territorio effettuata con l'ausilio delle tecniche di *charting*. Nell'esempio della figura si mostra la realizzazione, tramite tale tecnica, dei grafici dei dati delle statistiche del Land Cover per le rispettive aree comunali. Ciascuno dei *chart* rappresenta i valori della percentuale di uso del suolo rispetto alla superficie comunale totale per le 6 classi Corine Land Cover.

Tali dati sull'uso del suolo saranno ancora più utili alla caratterizzazione del territorio su cui insistono, se messi visivamente in relazione con altri dati, come ad esempio il valore della superficie effettivamente destinata a ciascun uso individuato. È interessante vedere, tramite l'utilizzo del GIS, come i diversi usi del suolo siano distribuiti all'interno del comprensorio e come essi rappresentino sostanzialmente la cosiddetta *vocazione* del territorio cui si riferiscono.



Figura 1.11 - Grafici delle percentuali di uso del suolo per area comunale

Per quanto riguarda i territori di Allumiere e Tolfa, ad esempio, come possiamo vedere dalla elaborazione mostrata nella figura 1.11, spiccano negli istogrammi, relativi a ciascun Comune, valori alti per quanto riguarda la superficie forestale (barra verde) e le aree agricole con colture a seminativo, prati e pascoli (barra gialla). Per i territori di Capranica e Vetralla spicca, invece in maggior misura rispetto agli altri Comuni, il valore della superficie relativa alle aree agricole investite a legnoso agrario (barra marrone) che mette in evidenza i numerosi nocioleti presenti nella zona.

1.6.2 EUMARIS: il GIS per l'assessment dei mari europei

Le prossime carte tematiche presentano alcuni risultati ottenuti dalla messa a punto del GIS EUMARIS: il GIS per l'assessment dei mari europei, sviluppato per conto dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) con sede a Copenhagen (figura 1.12). Il progetto EUMARIS è nato quando nell'ambito del 2° *Inter-Regional Forum* del 1998 fu deciso di costituire un gruppo di lavoro per investigare sulle potenzialità del GIS come strumento di supporto per l'assessment (valutazione dello stato) dei mari europei. L'obiettivo del gruppo di lavoro era quello di soddisfare il primo livello di assessment come citato nel rapporto del 2° *meeting of Inter-Regional Forum* che recita: descrizione dello stato e dello sviluppo nel tempo delle condizioni ambientali e dei fattori/influenze antropiche che determinano tali condizioni.



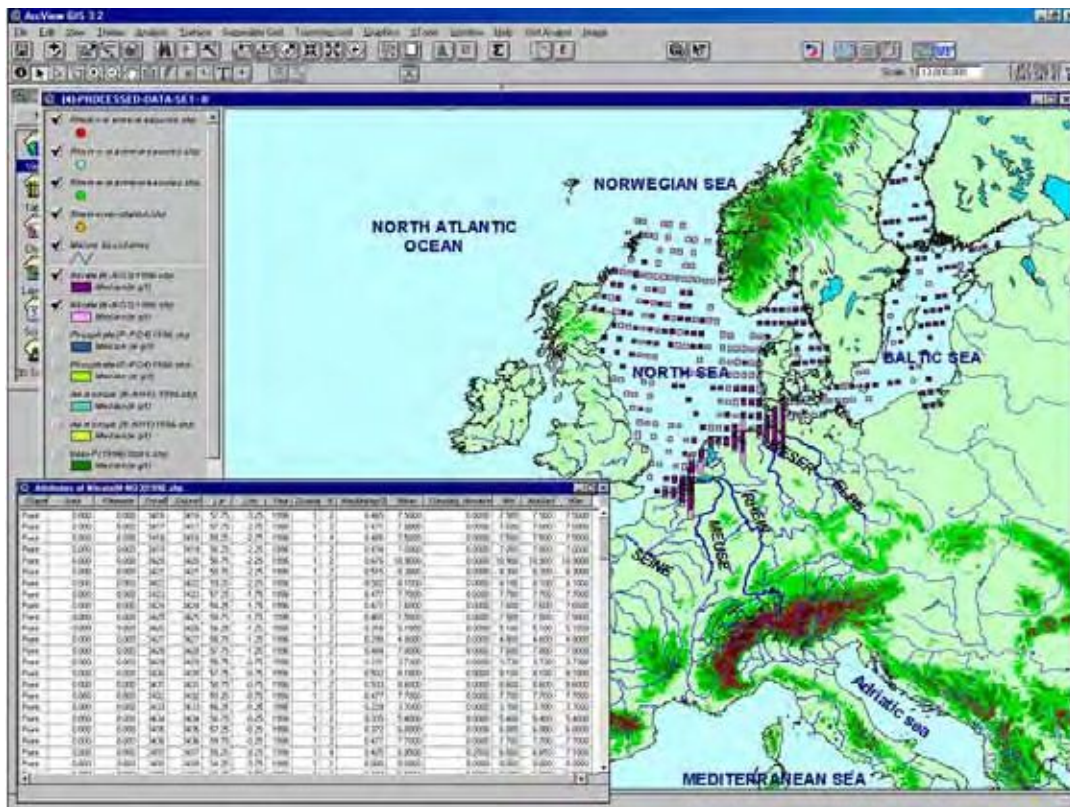
Figura 1.12 - EUMARIS: il GIS per l'assessment dei mari europei

Il tipo di studio condotto per la realizzazione del GIS EUMARIS si è basato quindi sull'analisi dell'evoluzione nel tempo delle variabili di stato e di pressione ambientali cosa che ha implicato l'uso di dati, spaziali e non, concernenti i mari europei, le aree costiere, i bacini idrografici, le attività umane ecc.

Per la realizzazione di questo GIS l'EEA ha messo a disposizione dell'ENEA i dati delle concentrazioni di inquinanti rilevati nelle acque del Mare del Nord e nelle stazioni di misura dislocate lungo il corso dei grandi fiumi Europei, i dati relativi alle molteplici attività antropiche e i dati Corine Land Cover.

Per brevità vengono mostrate solo alcune delle carte tematiche realizzate che mostrano quanto rilevante sia stata, anche in questo caso, la scelta della soluzione GIS per un'immediata e dinamica visualizzazione dei dati e loro elaborazione attraverso le tecniche offerte dal GIS stesso (E. Caiaffa, 1999, 2000).

Nella figura 1.13, ad esempio, vengono simbolizzati i valori delle concentrazioni di nitrati, disciolti nelle acque del Mare del Nord, nelle rispettive posizioni di misura a mare. La barretta di rappresentazione più o meno lunga indica valori più o meno elevati delle concentrazioni rilevate nei punti di misura. Cliccando sui punti di misura è possibile accedere alle tabelle dei dati.



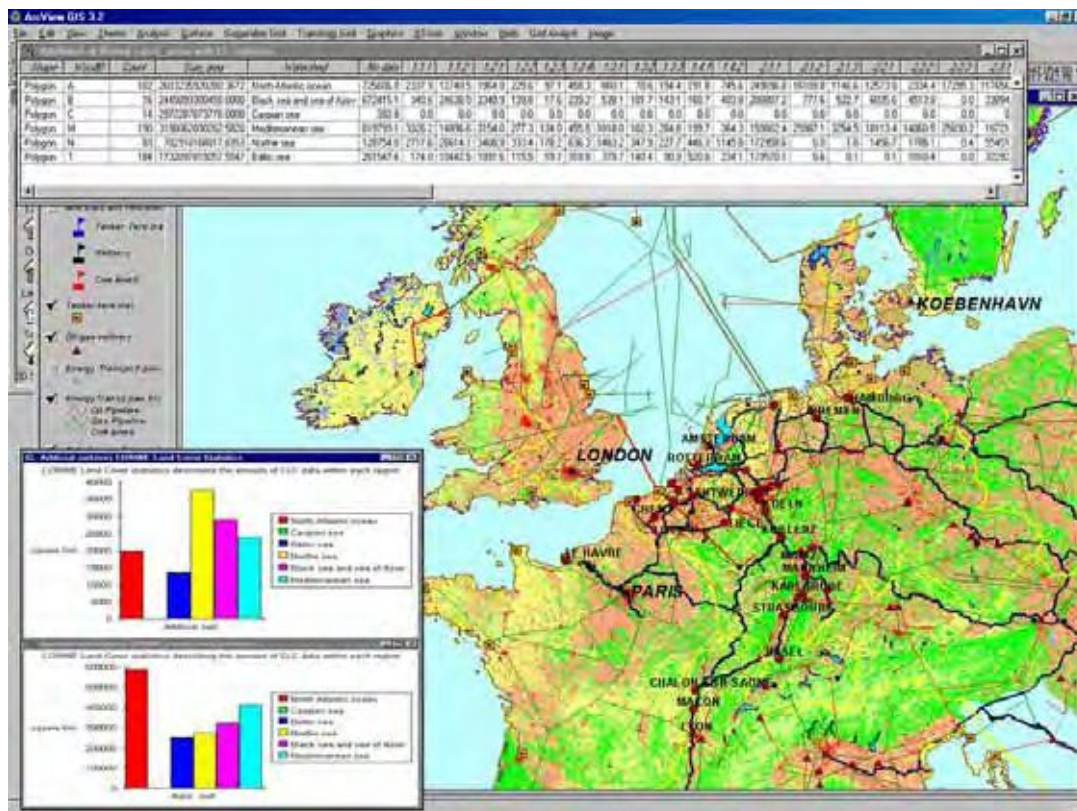


Figura 1.14 - Combinazione della copertura raster Corine Land Cover con strati tematici vettoriali

Nella figura 1.14 è messo in evidenza un altro risultato ottenuto dalla combinazione di diversi strati tematici: sulla cartografia di base, vettoriale, vengono tematizzati i dati raster del Corine Land Cover che mostrano, ad esempio, in rosso, i grandi agglomerati urbani e negli altri colori le 6 classi del Corine Land Cover. Sono chiaramente visibili dalla carta tematica le estensioni della città di Londra, Parigi, ed altre ancora. Sullo strato tematico raster del Corine Land Cover sono tematizzate una serie di coperture vettoriali come la rete navigabile dei grandi fiumi Europei, i tracciati delle *pipelines* con relativi *terminals* ed *offshore* dislocati nel Mare del Nord ecc.

I dati presenti nella data base delle statistiche del Corine Land Cover, agganciato alla copertura del Corine Land Cover stessa, sono disponibili in formato tabellare (come mostrato in figura), ed è possibile da essi ricavare i diagrammi a barre, ad esempio, della percentuale di superficie artificiale e della percentuale di superficie agricola rispetto all'area totale della zona (bacino fluviale) cui si riferiscono. Nella figura 1.15 sono riportati alcuni dei grandi fiumi europei ed alcune stazioni di misura di qualità delle acque lungo il loro corso. Ciccando ad esempio sulla stazione KLEVE/BIMMEN, dislocata presso la foce del fiume Reno, è possibile accedere ai dati tabellari delle concentrazioni di inquinanti misurate per quella stazione di misura.

In questo caso, avendo a disposizione le serie temporali delle misure delle concentrazioni di inquinanti, è stato anche possibile effettuare trend temporali: qui in particolare è mostrato il trend temporale relativo alle concentrazioni di *ammonia* e *total phosphorous* misurate alla stazione di misura KLEVE/BIMMEN del Fiume Reno.

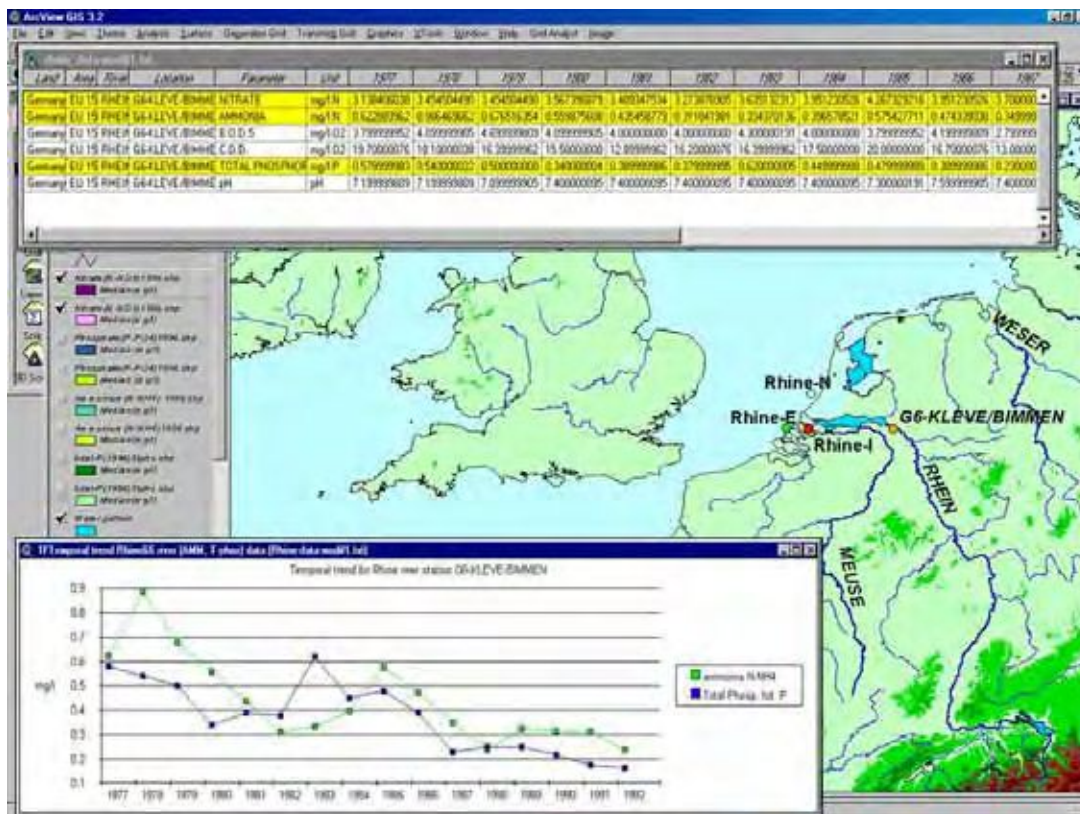


Figura 1.15 - Stazioni di misura per cui si dispone di dati storici e loro risultato grafico (trend temporale)

1.6.3 Il GIS come strumento di analisi per il bilancio idrico in un'area potenzialmente soggetta al fenomeno desertificazione

Nell'ambito di un più ampio progetto, per la Valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici, sul suolo e sul ciclo idrologico, di un bacino idrografico della Sicilia, è stato realizzato un Sistema Informativo Geografico (GIS) ai fini dell'ottimizzazione della gestione territoriale in aree potenzialmente sensibili al fenomeno della desertificazione. Tra gli obiettivi del Sistema Informativo Geografico c'è quello, di primaria importanza, che consiste nell'avere a disposizione uno strumento per affrontare le problematiche, di tipo ambientale e socioeconomico, legate alla valutazione dell'impatto dei cambiamenti climatici sul suolo ed in particolare sul ciclo idrologico.

La necessaria e complessa fase di studio iniziale ha considerato tutti i fattori in causa, sia a monte di azioni riguardanti la pianificazione e progettazione di strutture antropiche (insediamenti civili, industrie, attività agricole, strutture turistico-alberghiere ecc.), sia a fronte di pregresse situazioni ambientali deteriorate, per poter supportare decisioni di tipo operativo.

Queste ultime si possono così riassumere:

- predittive che implica di dovere indagare sugli effetti ambientali come i cambiamenti climatici che possono avere provocato una situazione di carenza idrica locale; effetti socioeconomici causati da un uso irrazionale delle risorse idriche disponibili innescato da nuovi insediamenti urbani (civili, turistico

alberghieri ecc.), nuovi tipi di sfruttamento agricolo dei terreni, nuovi insediamenti industriali a forte impatto sul microclima ecc.

- di mitigazione che implica di dovere indagare sugli effetti della pressione antropica, agricola, industriale, causa del già avvenuto deterioramento idrico ambientale.

Il GIS è risultato lo strumento utile per modellare tale realtà complessa in quanto è in grado di contenere e soprattutto di gestire delle applicazioni che consentono l'integrazione di diversi tipi di dati, informazioni, modelli ambientali ecc.

Lo scopo della messa a punto del GIS in questione non è stato tanto quello di costruire uno strumento in grado di scegliere una soluzione per un dato problema, quanto quello di fornire un valido aiuto per la definizione dei fenomeni fisici e socio-economici in gioco e per la valutazione del rapporto costi benefici a fronte di eventuali azioni da intraprendere.

Nella figura 1.16 viene riportata, come esempio, la carta del Corine Land Cover per la Regione Sicilia sulla quale è stata evidenziata l'area interessata dal bacino idrografico del fiume Imera Meridionale, bacino sul quale sono state condotte indagini più approfondite atte alla evidenziazione del fenomeno desertificazione.

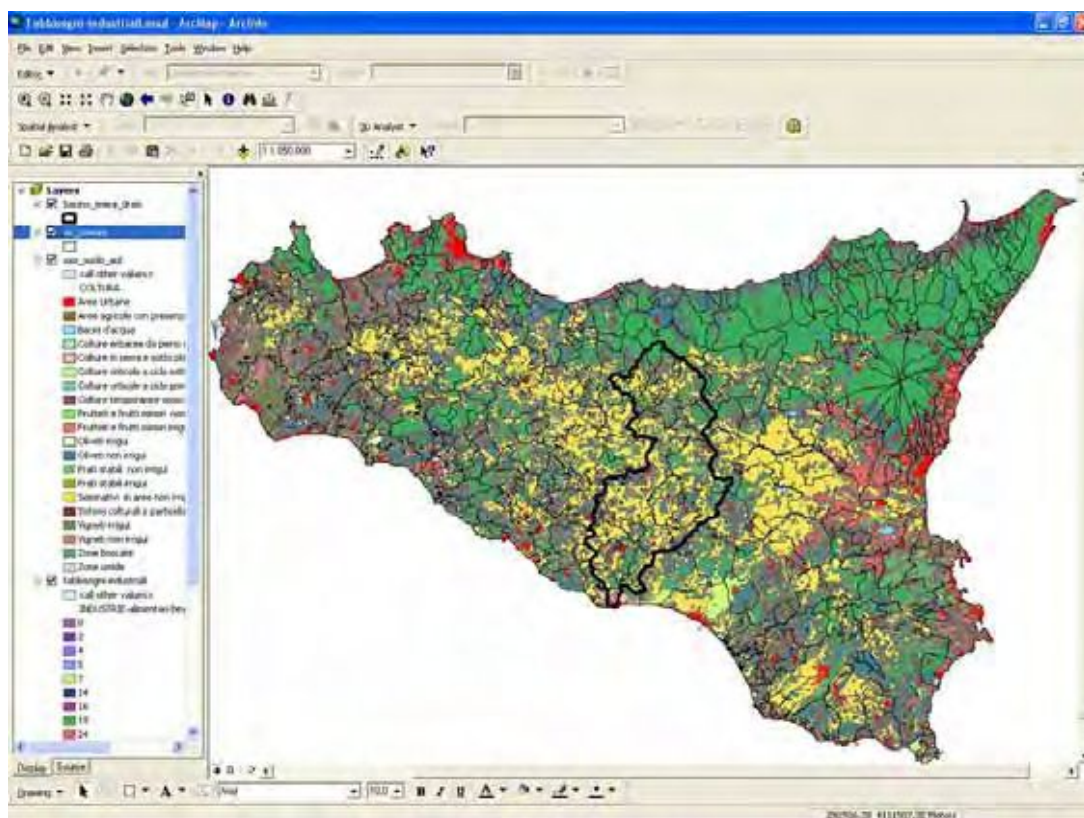


Figura 1.16 - Carta tematica raffigurante la copertura del Corine Land Cover con evidenziato il confine del Bacino Imera Meridionale

All'interno dell'area del Bacino del Fiume Imera Meridionale, sono stati poi condotti una serie di studi e caratterizzazioni, attraverso l'uso del GIS, che descrivono, ad esempio, la pressione antropica all'interno del Bacino stesso (figura 1.17).

Poiché si è inteso realizzare un sistema in grado di fornire all'utente un valido supporto per valutare sia le conseguenze future di una data decisione che le possibili cause pregresse di una data situazione, il Sistema è stato attuato considerando gli stretti, e non banali, legami sussistenti tra eventi di tipo ambientale ed eventi di tipo socioeconomico facendo ricorso ad una notevole mole di dati più o meno sofisticati tenendo anche conto del fatto che l'ecosistema proprio di un bacino idrografico si presta in modo particolare agli scopi del progetto che intende studiare i bilanci idrici della zona in esame.

È stato inoltre necessario individuare ed acquisire le basi cartografiche su cui *poggiare* i vari strati tematici informativi di volta in volta creati. A questo scopo ad una base cartografica di tipo raster come ad esempio i dati del Corine Land Cover, essenziale per una definizione dettagliata dell'uso del suolo, può essere sovrapposta una serie di *layers* vettoriali della area che si vuole caratterizzare.

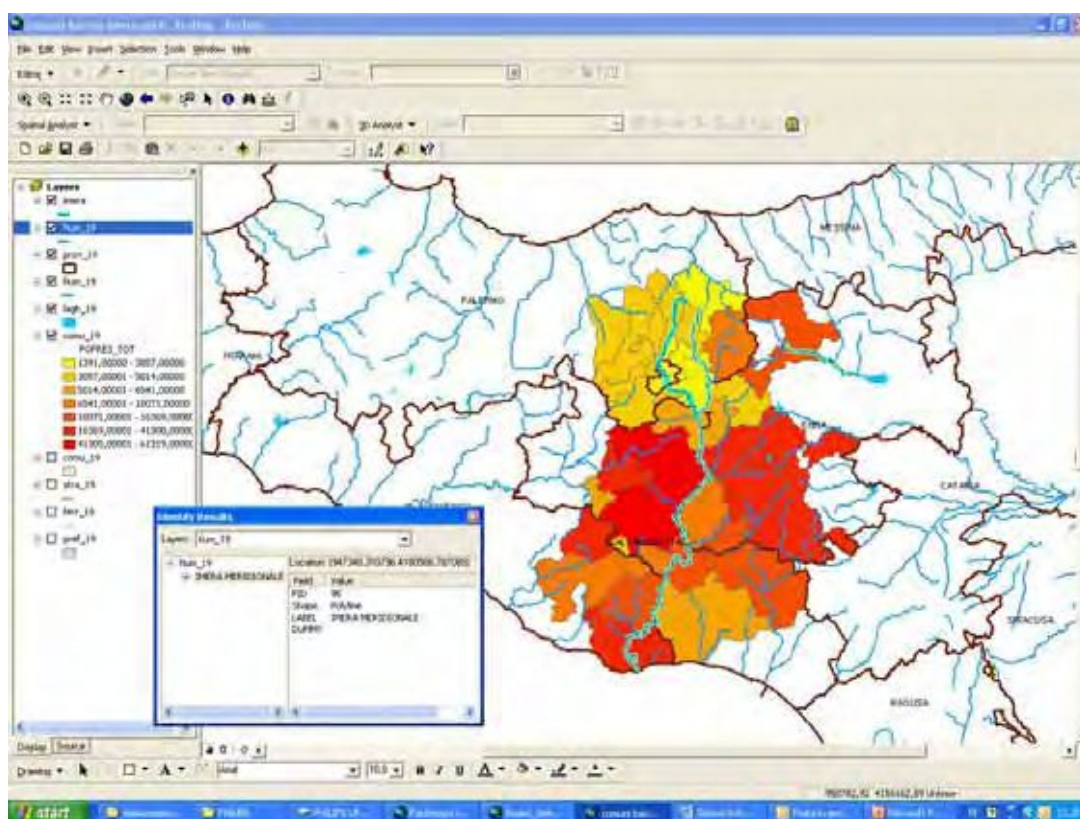


Figura 1.17 - Densità di popolazione per i Comuni interessati dal Bacino dell'Imera Meridionale con evidenziato il corso del Fiume Imera Meridionale stesso

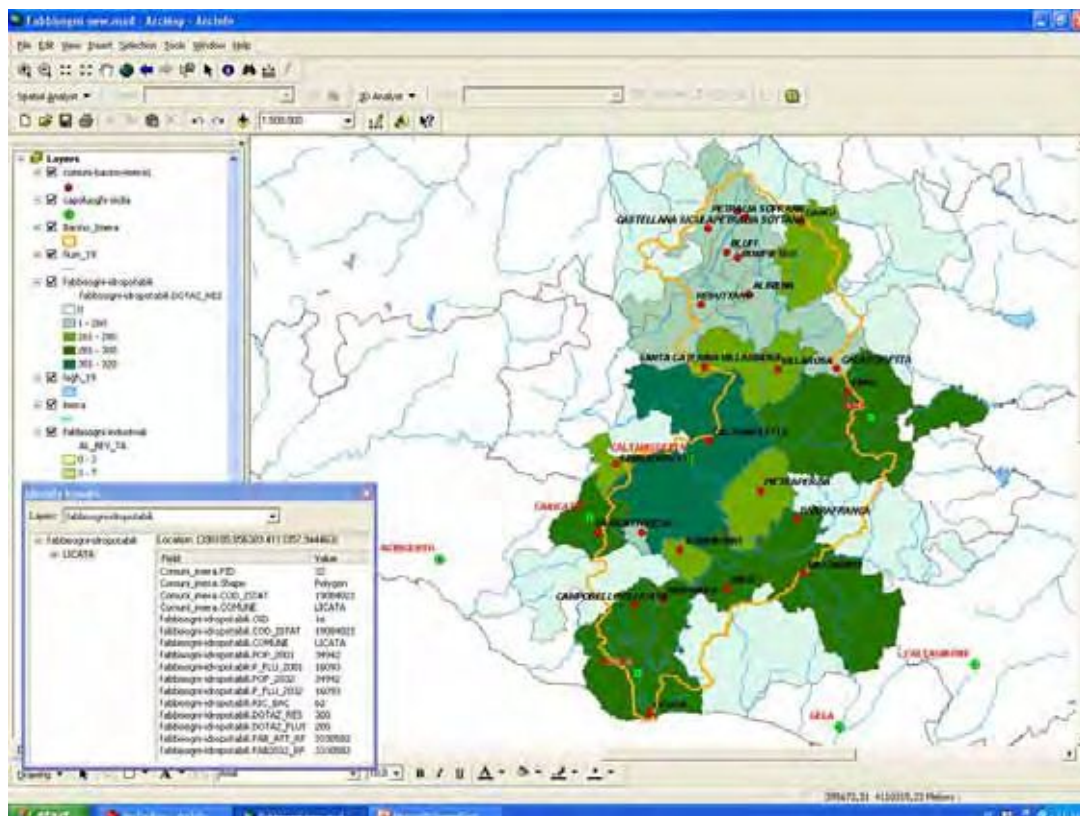


Figura 1.19 - Carta tematica delle dotazioni idropotabili

Un altro aspetto che risulta di notevole importanza nello studio dei bilanci idrici caratterizzanti una certa area sono i consumi idrici legati alle attività industriali come quelle agroalimentari, o delle industrie tessili e dell'abbigliamento ecc.

Dalla carta tematica riportata nella figura 1.20, ottenuta attraverso la georeferenziazione dei dati contenuti nella tabella mostrata in figura 1.21, risulta una maggiore concentrazione di attività industriali nei Comuni di Caltanissetta ed Enna. Tali attività sono tematizzate sulla mappa rispetto alla stima dei rispettivi fabbisogni idrici.

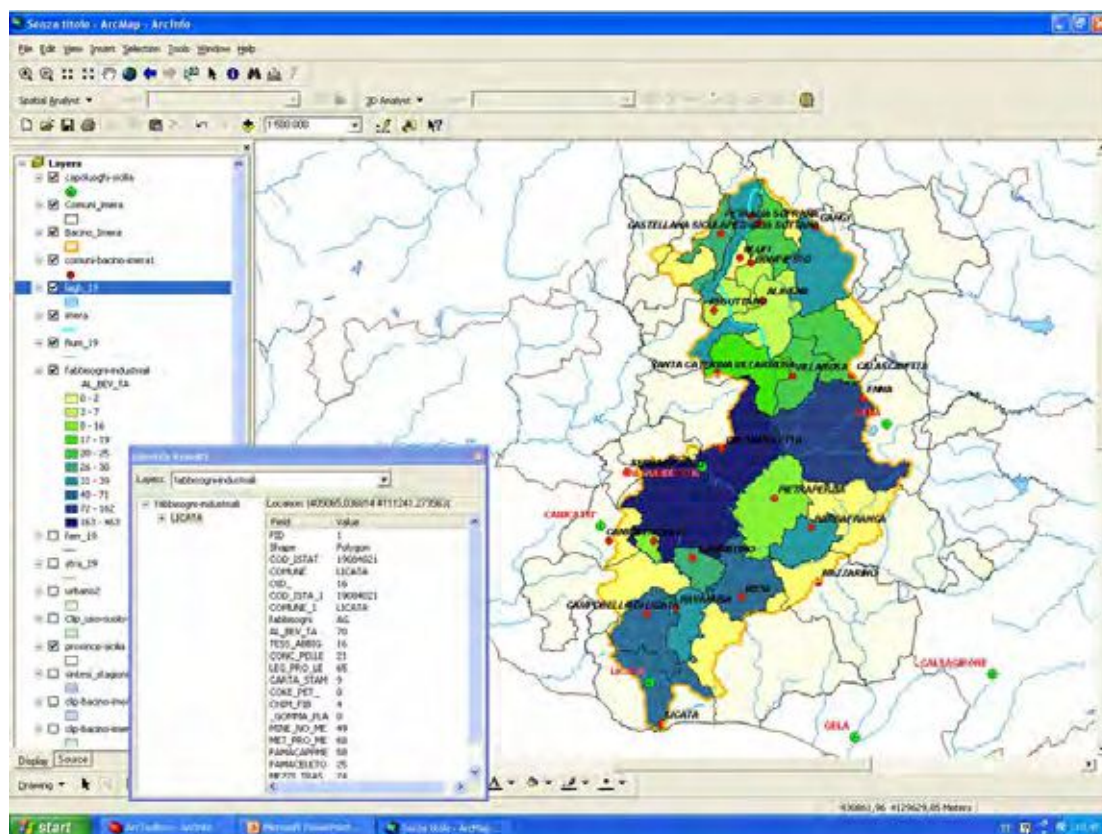


Figura 1.20 - Carta tematica dei fabbisogni idrici industriali

Nella definizione delle azioni per l'attuazione del Sistema Informativo Geografico in oggetto, che ha consentito l'integrazione di diversi dati e funzioni, sono state individuate le seguenti fasi componenti del sistema GIS:

1. acquisizione dati
2. interrogazione dati
3. restituzione dati
4. modellistica
5. interpretazione dei risultati.

Lo studio dei bilanci idrici di un territorio al fine di individuare eventuali sofferenze causate dall'essere totalmente o parzialmente o potenzialmente affetto dal fenomeno desertificazione, oltre alla elaborazione ed interpretazione dei dati, di cui sono stati fin qui mostrati una parte, deve necessariamente occuparsi della acquisizione ed interpretazione dei dati relativi alla situazione meteorologica (precipitazioni) che insiste sull'area in studio e correlarli ai fenomeni più strettamente fisici e geofisici come l'evapotraspirazione dei terreni, l'infiltrazione ecc.

1 COMUNE	PROV.	INDUSTRIE ALIMENTARI, SOSTRUTTI E DEL TABACCO	INDUSTRIE TESSILI E DELL'ABBIGLIAMENTO	INDUSTRIE CONGELATE, FABBRICAZIONE DI PRODOTTI IN CUOIO, PELLE E CAPELLI	INDUSTRIA DEL LEGNO E DEI PRODOTTI IN LEGNO	FABBRICAZIONE DI PASTA, CARTA, CARTA E PRODOTTI CULTORNA	FABBRICAZIONE DI COCCIA, TRATTAMENTO CHIMICI, NUCLEARI	FABBRICAZIONE DI PRODOTTI CHIMICI E DI FIBRE E ARTIFICIALI	FABBRICAZIONE DI PRODOTTI IN CAUCCIO, GOMMA E MATERIE PLASTICHE	FABBRICAZIONE DI PRODOTTI DELLA METALLURGIA E NON METALLIFER	INDUSTRIE DI METALLO E FABBRICAZIONE DI PRODOTTI IN METALLO	FABBRICAZIONE MACCHINE E APPARECCHIATURE MECCANICHE, METALLURGIA E RIPARAZIONE	FABBRICAZIONE MACCHINE ELETTRICHE E APPARECCHIATURE ELETTRICHE ED OTTICHE	FABBRICAZIONE DI MEZZI DI TRASPORTO	ALTRE INDUSTRIE MANIFATTURIERE	FABBRICAZIONI INDUSTRIALI COMPLESSIVE [SUM]
2 Campobello di Licata	AG	71	11	0	32	10	0	0	0	59	39	2	10	0	1	
3 Licata	AG	70	16	21	65	9	0	4	0	49	68	58	25	24	4	
4 Ravenna	AG	37	6	0	12	13	0	15	0	23	49	0	3	0	8	
5 Caltafassetta	CL	463	58	0	147	162	18	19	82	238	219	212	102	20	97	
6 Delta	CL	14	0	0	2	4	0	0	0	15	36	0	0	0	0	
7 Resuttano	CL	7	3	0	8	0	1	0	10	1	1	0	0	0	1	
8 Resi	CL	55	328	0	5	3	0	0	0	28	34	21	19	0	1	
9 Santa Caterina Villamosa	CL	19	7	0	7	2	0	0	0	25	31	0	0	0	5	
10 Sommatino	CL	30	10	0	10	1	0	0	0	6	17	1	15	0	1	
11 Barrafranca	EN	35	16	0	16	6	0	0	0	15	14	1	5	0	4	
12 Calascibetta	EN	25	0	0	8	1	0	0	0	4	8	0	2	0	2	
13 Enna	EN	162	42	2	18	34	0	1	1	86	59	21	26	0	14	
14 Petrapertusa	EN	16	8	0	5	2	0	0	0	2	14	0	1	0	1	
15 Villarosa	EN	25	6	0	0	0	0	0	29	28	18	2	0	0	6	
16 Alimena	PA	5	0	0	2	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	
17 Bluffi	PA	2	0	0	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	
18 Bonapetro	PA	4	0	0	1	3	0	0	0	0	0	1	0	0	0	
19 Castellana Sicula	PA	27	1	0	6	3	0	0	0	11	6	0	2	0	0	
20 Gangi	PA	38	3	0	11	3	0	0	0	12	32	0	0	0	2	
21 Petralia Soprana	PA	24	4	0	5	2	0	0	0	19	25	0	1	0	4	
22 Petralia Sottana	PA	39	1	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	
23 Fabbisogni idrici industriali per tipologia di industria		3.487	0.733	0.028	0.399	2.229	0.017	0.118	0.153	0.753	1.322	0.135	0.127	0.026	0.227	9.674

Figura 1.21 - Tabella riassuntiva dei fabbisogni idrici industriali per tipologia di industria

1.6.4 Conclusioni

A conclusione di questo paragrafo, dedicato alla esposizione dei motivi e dei percorsi che hanno animato la progettazione e la messa a punto dei GIS sopra elencati, si vuole sottolineare come tutte le attività del Laboratorio GIS qui descritte concorrono alla definizione di un modo nuovo di avvicinarsi all'informazione: la componente geografica contenuta in una larga parte dei dati comunemente usati può trasformare tali dati in *geo-informazione*, un nuovo tipo di conoscenza legata al territorio ed alle sue dinamiche fisiche, ambientali, socio-economiche ecc.

2. ELEMENTI DEL GIS

Il Capitolo 2 è dedicato alla definizione di alcune nozioni di base per comprendere quali e quanti sono gli elementi che costituiscono un GIS, a partire dalla descrizione delle componenti di un GIS, dal concetto di dato/informazione geografica per arrivare alla definizione del concetto di scala di una mappa. Si descrive inoltre cosa si intende per cartografia digitale e coordinate geografiche accennando a quelli che sono i più comunemente usati sistemi di proiezione e di riferimento.

2.1 Componenti di un GIS

Lo strumento GIS al fine di operare in modo utile ed efficace necessita di integrare in sé diverse componenti: persone, hardware, software, dati, utenti e procedure.

Il GIS, quindi, non è solo un programma applicativo per computer, ma un sistema composto dai vari elementi appena citati il più importante dei quali è senza dubbio la disponibilità dei dati e la loro accuratezza: quest'ultimo aspetto è in grado di influenzare i risultati di ogni richiesta o analisi.

Un GIS è fatto soprattutto di persone o meglio delle loro competenze in grado di effettuare l'analisi tanto sul piano scientifico quanto sul piano logico-concettuale. Quindi tra le componenti fortemente caratterizzanti del GIS c'è anche quella del coinvolgimento di diversi professionisti, con differenti competenze, nelle distinte discipline.

Il successo di un Sistema di Analisi Ambientale è legato alla migliore integrazione, elaborazione ed interpretazione di dati, informazioni e competenze.

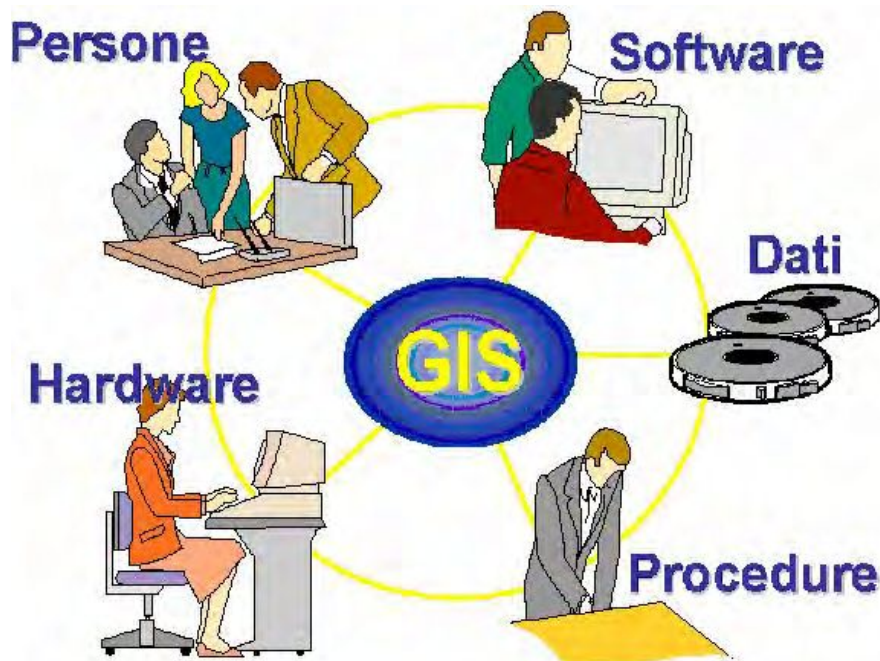


Figura 2.1 - Componenti di un GIS

Come mostrato nella figura 2.1 il GIS è costituito dall'insieme di vari elementi qui sotto elencati e spiegati per esteso:

Persone: le competenze umane messe in gioco nella progettazione, realizzazione e manutenzione di un GIS costituiscono una delle componenti più importanti e queste si possono riconoscere nelle figure professionali come: progettisti di sistemi informativi territoriali, tecnici GIS, esperti in applicativi GIS, utilizzatori, le cui competenze in varie discipline concorrono alla definizione del sistema stesso.

Hardware: una buona definizione di quanta capacità *hardware* sia necessaria allo specifico progetto GIS che si sta realizzando è un'altra componente molto importante perché da essa dipenderà, al momento dell'entrata a regime del sistema GIS, la velocità di processo, la facilità d'uso e il tipo di prodotto di output. L'hardware è costituito da computer, periferiche grafiche come *plotter*²⁰ per la stampa di carte tematiche prodotte dalle elaborazioni GIS.

Software: anche la scelta del software, più adatto alle esigenze dettate dal tipo di studio che si deve condurre con il GIS, costituisce una componente molto importante. Vari software GIS esistono oggi sul mercato, ognuno valido ed efficace: sta all'esperto progettista GIS valutare quale software e tipo di database adottare.

Dati: i dati costituiscono l'elemento fondamentale e portante del GIS. I dati devono essere completi, senza errori, dimensionati per il problema in studio. Il dato per eccellenza componente del GIS è la cartografia digitale, la base cioè su cui verranno combinati i vari strati informativi utili alla tematizzazione in corso. I dati integrabili in un GIS possono presentare una natura assai diversa tra loro: infatti si possono introdurre in un GIS dati vettoriali²¹, dati raster²², immagini da satellite²³, ortofoto²⁴, dati alfanumerici (attributi²⁵), fotografie, documenti digitalizzati ecc.

Procedure: al fine di ottenere risposte corrette, viene seguita una serie di passaggi: Linee guida, Specifiche, Standard, Procedure.

Ciascuna delle componenti qui sopra elencate, oltre a concorrere alla costruzione del sistema GIS vero e proprio, riveste un proprio specifico ruolo per il successo finale che otterrà o meno l'applicazione GIS in oggetto. Tutte le componenti devono essere di buona qualità ed affidabilità poiché la scarsa qualità di una sola delle singole componenti è in grado di compromettere seriamente la bontà, l'efficienza ed il reale utilizzo finale di tutto il sistema.

²⁰ Apparecchiatura hardware per la restituzione su carta a colori delle mappe tematiche risultato della elaborazione GIS.

²¹ Archiviazione nel data base geografico degli oggetti grafici come punti, linee, poligoni per mezzo delle coordinate che costituiscono tali oggetti geometrici. Un punto una coppia di coordinate x, y, una linea una serie ordinata di coordinate x, y ecc.

²² Una rappresentazione raster dei dati è data da una griglia di celle, una matrice, formata dall'entità minima detta pixel.

²³ Risultato della elaborazione dei dati acquisiti tramite particolari e diversi sensori equipaggio di un satellite.

²⁴ Foto prese generalmente da aereo o da satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

²⁵ Dato alfanumerico che costituisce l'informazione descrittiva associata ad un oggetto geografico e che lo caratterizza. Generalmente nei GIS indica le caratteristiche non grafiche dell'elemento ovvero quelle grafiche non rappresentabili nella scala d'acquisizione.

2.2 Il concetto di dato/informazione geografica e le Relazioni spaziali

L'informazione geografica (dati) di varia origine e natura, la cui rappresentazione su una mappa concorre alla descrizione della realtà che ci circonda, costituisce uno degli elementi fondamentali di un GIS. Altro elemento fortemente caratterizzante proprio dell'informazione geografica sono le relazioni spaziali che intercorrono tra dati georiferiti e legati dunque ad una realtà territoriale.

2.2.1 Il concetto di dato/informazione geografica

L'informazione geografica (dati) di varia origine e natura, la cui rappresentazione su una mappa concorre alla descrizione della realtà che ci circonda, costituisce uno degli elementi fondamentali di un GIS. I dati introdotti in un GIS costituiscono un elemento fortemente caratterizzante di tutto quello che sarà il sistema GIS e per la loro definizione e rappresentazione, sono state sviluppate diverse discipline. Infatti il modello dei dati prevede la geo-referenziazione, la scala di rappresentazione del dato stesso, il tipo di dato raster o vettoriale, la topologia, la terza dimensione, gli attributi del dato stesso residenti in un database ecc.

Qualsiasi tipo di informazione corredata di rispettivo riferimento geografico, diventa informazione geografica.

Conoscendo ad esempio le coordinate geografiche di tutti i licei di Roma, tutti questi potrebbero essere rappresentati su una mappa digitale di Roma (la stessa operazione si potrebbe estendere a tutto il territorio regionale o nazionale) nelle loro reali posizioni. A questi poi si potrebbero aggiungere i cosiddetti attributi che possono essere così individuati: tipo di liceo, tipo di insegnamento impartito, numero degli studenti iscritti all'anno, numero dei promossi all'anno, numero delle votazioni al di sopra di 80 punti su 100 agli esami di maturità, numero delle biblioteche di Istituto funzionanti, lista delle pubblicazioni aggiornate, e così via. Ecco dunque un tipico caso in cui delle semplici informazioni, caratterizzanti un aspetto della società, diventano Informazione Geografica con tutti i vantaggi di una loro gestione legata al territorio.

Uno strumento per il pianificatore il quale, prima di decidere la costruzione di un nuovo liceo, potrebbe avvalersi del Sistema GIS per avere una visione oltre che geografica, anche socio-economica che lo metta in grado di valutare se e dove occorre costruire un nuovo liceo e di che tipo, ottenendo quindi indicazioni qualitative oltre che quantitative (figura 2.2).



Figura 2.2 - Relazioni spaziali

Le concentrazioni di sostanze inquinanti come i nitrati nelle acque del Mare del Nord costituiscono un altro esempio, su diversa scala, ma di uguale sostanza. Infatti, nell'esempio mostrato nella figura 2.3, alle semplici misure delle concentrazioni di inquinanti rilevate in mare sono state aggiunte (per mezzo della tecnologia GIS) le loro posizioni geografiche, l'esatta ubicazione cioè dei punti di misura a mare di dove sono state effettivamente rilevate tali concentrazioni.

Il puro dato chimico diventa informazione geografica perché diventa possibile *mappare* la distribuzione delle concentrazioni degli inquinanti secondo la loro ubicazione a mare. La visione geografica dei valori delle concentrazioni dei nitrati rilevate nelle acque di superficie mostra immediatamente che c'è (come era forse logico aspettarsi) una maggiore concentrazione degli inquinanti in prossimità delle foci dei grandi fiumi.

Un'altra informazione che è possibile *leggere* con questo tipo di rappresentazione è la conformazione ed estensione dei così detti *marine catchments basins* o bacini idrografici i cui confini sono facilmente individuabili sulla mappa della figura 2.3 in quanto simbolizzati con delle linee gialle.

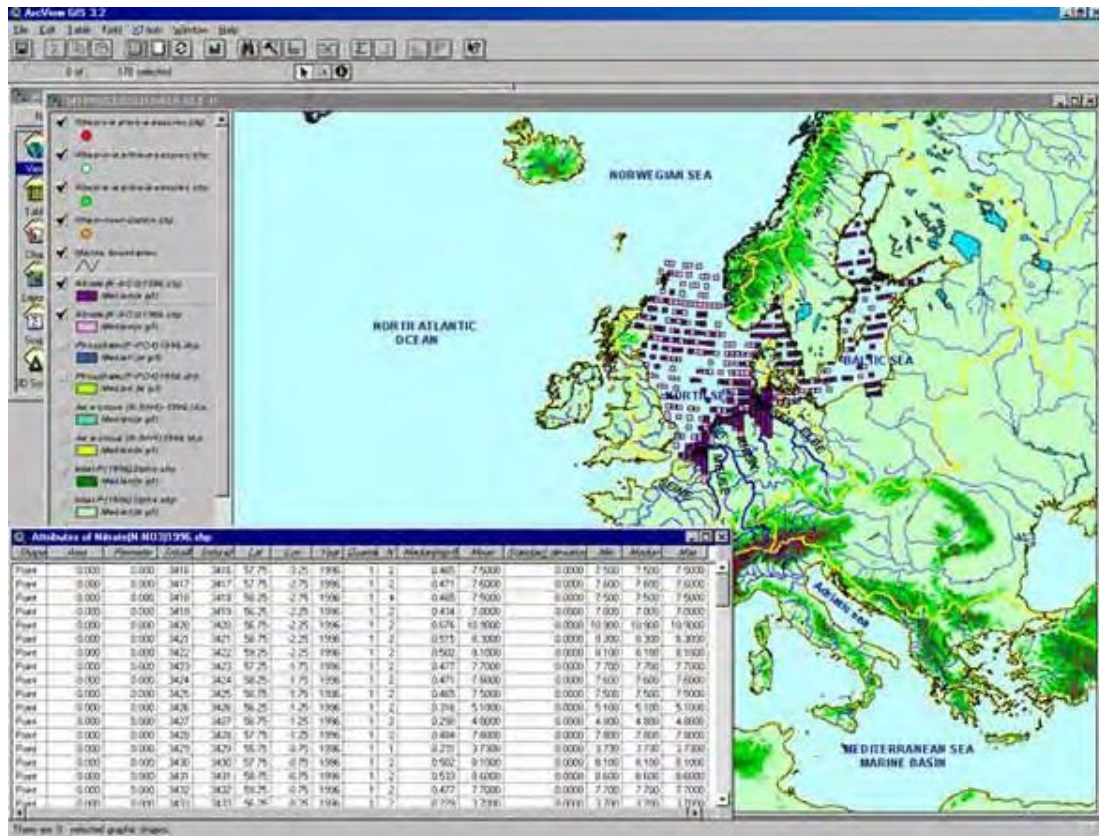


Figura 2.3 - Distribuzione geografica delle concentrazioni di inquinanti

Posizionandosi sulla mappa su uno dei punti di misura e cliccando è possibile consultare la tabella degli attributi dinamicamente agganciata allo strato informativo (*layer*) in evidenza. Nella tabella sono riportati tutti gli attributi che sono stati associati a tale *layer*: è quindi possibile accedere ai dati numerici delle concentrazioni misurate a mare. Dagli esempi mostrati, ne consegue che il tipo di informazione geografica si può dividere in due categorie di base:

- l'informazione spaziale che descrive l'ubicazione e la forma degli elementi geografici e le loro relazioni spaziali con gli altri elementi.
- l'informazione descrittiva: elenco di attributi e caratteristiche circa i dati spaziali.

I principali tipi di elementi grafici a cui è possibile ricondurre qualsiasi oggetto da rappresentare su una mappa sono: Punti, Linee e Poligoni.

2.2.2 Relazioni spaziali

Una mappa risultata di un'applicazione GIS non ci dice solamente dove si trovano gli oggetti del nostro studio, essa mostra anche le relazioni che intercorrono tra loro.

Le relazioni spaziali tra gli oggetti geografici di una mappa, cioè la loro reciproca ubicazione, comunicano al lettore della mappa stessa alcune informazioni implicite: i grandi fiumi che sfociano nel Mare del Nord e la distribuzione delle concentrazioni di nitrati a mare alle loro foci, rendono, in questo caso, la mappa indispensabile a rendere immediato, intuitivo e direttamente visibile il problema inquinamento, più difficilmente individuabile con altri mezzi. Questa particolare caratteristica fa dello strumento GIS una componente fondamentale alla risoluzione di diversi problemi che coinvolgono discipline assai diverse tra loro.

La localizzazione dei percorsi delle strade o delle ferrovie su una mappa di una città o di una regione (figura 2.4) o su tutto il territorio nazionale può fornire implicitamente ulteriori informazioni sulla base delle relazioni che è possibile ricavare dalla loro rappresentazione cartografica. Guardando infatti la distribuzione della rete viaria e/o ferroviaria sulla mappa (figura 2.4) è possibile, ad esempio, determinare quali strade ci permettono di raggiungere un determinato luogo, con quale tragitto, più breve ma meno agevole (curve di livello) o più lungo ma più veloce, di individuare cioè il percorso migliore per raggiungere un certo luogo all'interno di una determinata area di interesse ecc... Altre informazioni fornite dalla mappa riportata nella figura 2.4 sono, ad esempio, l'andamento della distribuzione dell'urbano rispetto alle strade e alle ferrovie e la presenza all'interno dell'area in esame di zone come i Laghi di Bracciano e Martignano, di grande interesse sia economico (turismo) che ambientale (parco, zona tutelata di interesse comunitario).

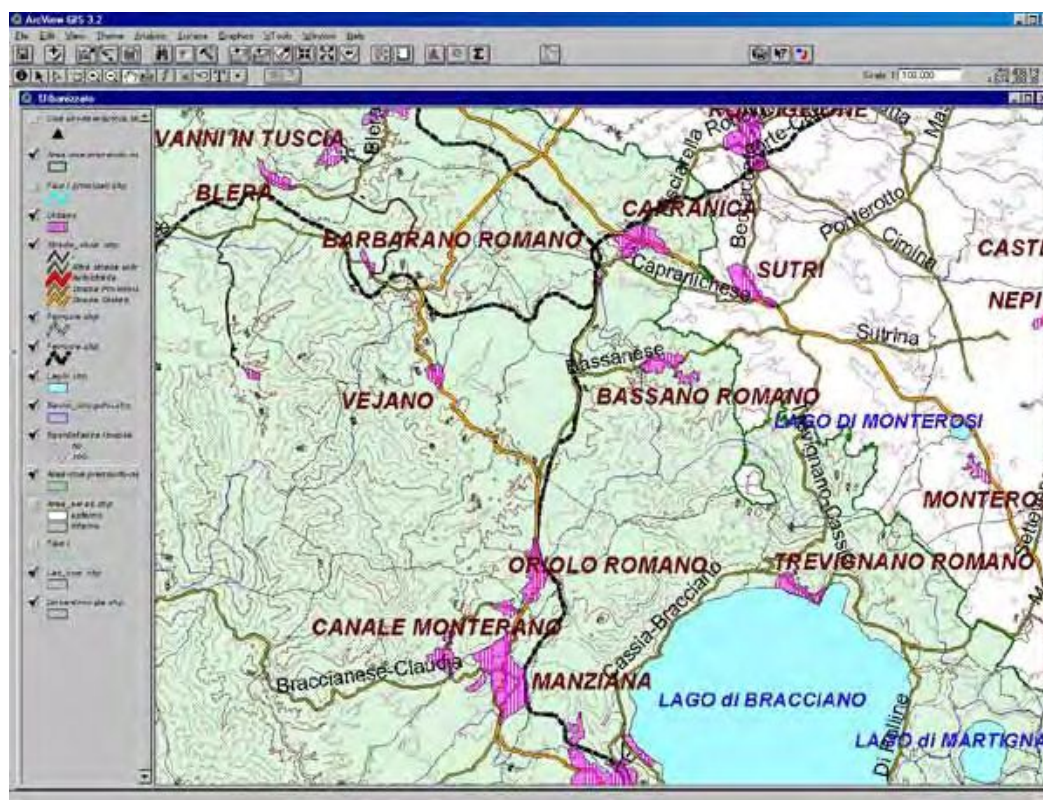


Figura 2.4 - Relazioni spaziali tra gli elementi tematici

Elemento fortemente caratterizzante per i dati/informazione geografica è che, tali dati, all'interno di un sistema GIS, oltre al fatto di mostrarci il loro legame alla realtà territoriale, ci offrono la possibilità di esplorare le relazioni spaziali che intercorrono tra loro.

Alcune delle relazioni spaziali gestite dal GIS sono le seguenti:

Connettività: il link tra diversi oggetti di una mappa (gli idranti sono connessi ai tubi dell'acqua)

Adiacenza: quali oggetti sono vicini a quali altri (un'area edificabile è vicina ad un parco)

Intersezione: quali oggetti si attraversano a vicenda (una ferrovia interseca una strada), e viceversa

Contenimento: quali oggetti sono localizzati in un'area (un lago è all'interno di un'area comunale)

Posizione Relativa: la posizione di un oggetto rispetto ad un altro (un aeroporto è a est rispetto alla città)

Differenza di quota: la differenza di altezza tra due oggetti (una cima è più in alto/basso di un lago).

Le relazioni tra elementi geografici, su una carta geografica che sia digitale o non, sono espresse con l'uso della topologia.

La topologia è un insieme di regole per definire in maniera esplicita le relazioni, i rapporti di connessione e di continuità tra gli elementi spaziali (geografici) e per collegare tali elementi alle relative descrizioni (attributi). In un modello dati topologico, ad esempio, è possibile riconoscere le aree contigue e identificare le linee che delimitano ciascuna superficie. La topologia descrive le relazioni spaziali tra i vari elementi geografico-spaziali: la topologia è dunque creata appositamente per definire queste relazioni.

2.3 La scala di rappresentazione del dato geografico

Un concetto molto importante e spesso frainteso in cartografia, è il concetto di scala²⁶ di una mappa.

Per rappresentare una parte reale di superficie terrestre su una mappa la sua area deve essere per forza di cose ridotta. L'ammontare di tale riduzione è calcolata come il rapporto tra la distanza sulla mappa e la distanza sulla superficie terrestre che si chiama appunto rapporto di scala.

Il rapporto di scala, o più semplicemente la scala della mappa, determina come gli oggetti saranno rappresentati su di essa.

Se un braccio di fiume lungo 5 km viene rappresentato su una carta digitale con una linea lunga 1 cm questo significa che sulla mappa 1 cm corrisponde a 5 km.

A questo punto per stabilire la scala della mappa si fa

1 cm: 5 km, o meglio

1 cm: 500.000 cm, che significa che la scala della mappa è 1:500.000 (uno a 500mila).

Un altro esempio: se il segmento di una strada di 4,8 km viene rappresentato sulla mappa con una linea di 20 cm significa che la scala della mappa stessa è:

20 cm: 4,8 km o meglio *20 cm: 480.000 cm*, che diventa 1 cm:24.000 cm.

²⁶ La scala di rappresentazione di una distanza tra due punti su una mappa è data dal rapporto tra la distanza sulla mappa e la distanza sulla superficie terrestre.

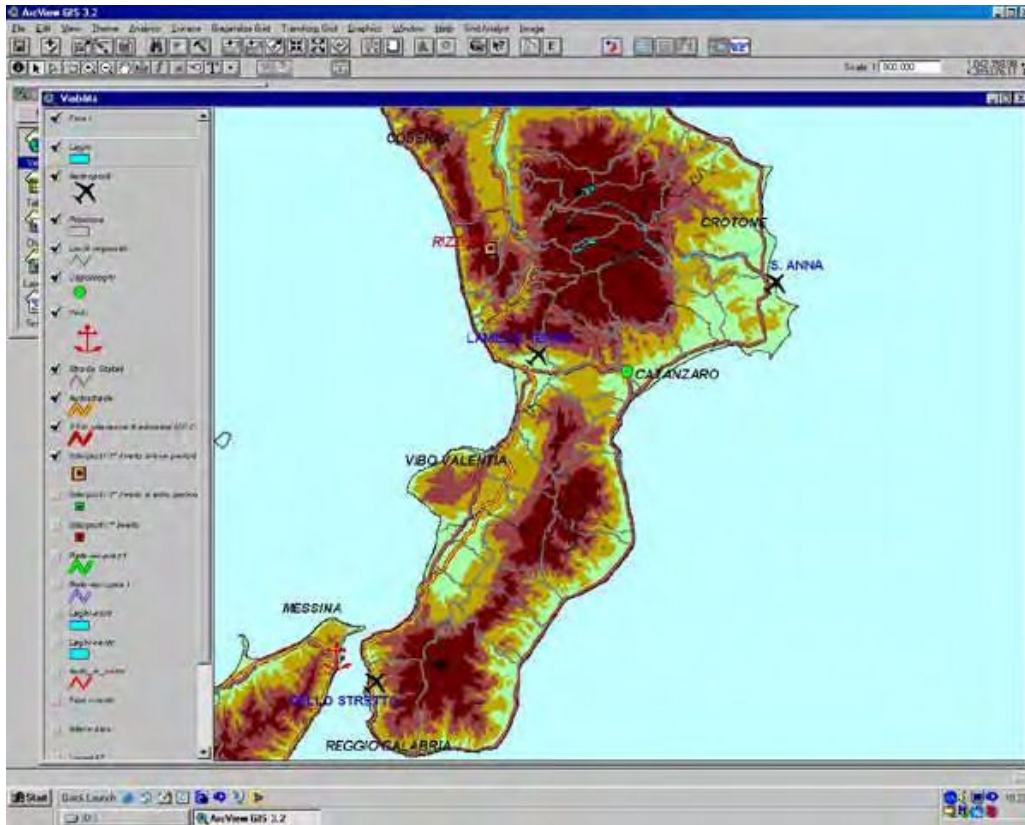


Figura 2.5 - Regione Calabria

In questo caso la mappa è a scala 1: 24.000 (uno a 24mila).

Più piccolo è il denominatore, maggiore è la scala.

Generalmente una mappa a grande scala, come la parte della Regione Calabria mostrata in figura 2.5, come pure la mappa di una parte di una provincia italiana o ancora di una città o di un quartiere nella città, copre un'area in maggior dettaglio.

Una mappa a piccola scala, come la mappa della regione europea della figura 2.6, copre un'area più grande ma a minor dettaglio.

Indipendentemente da come la scala viene visualizzata su una mappa, questa influenza fortemente l'interpretazione della mappa stessa. La definizione della scala secondo la quale costruire un GIS, significa avere chiaro lo scopo del GIS stesso, perché da essa dipenderà la possibilità di trarre la più utile interpretazione delle informazioni contenute nelle carte tematiche prodotte con il GIS stesso.

Un GIS non usa una specifica scala in sé per sé, perché la mappa che esso è in grado di visualizzare può essere allargata o ridotta in molte differenti altre scale oltre a quella originaria. L'importante è che tutte le mappe tematiche che si vogliono sovrapporre siano ridotte alla medesima scala.

Nella tabella mostrata in figura 2.7 vengono riportati alcuni esempi di conversioni di scala.

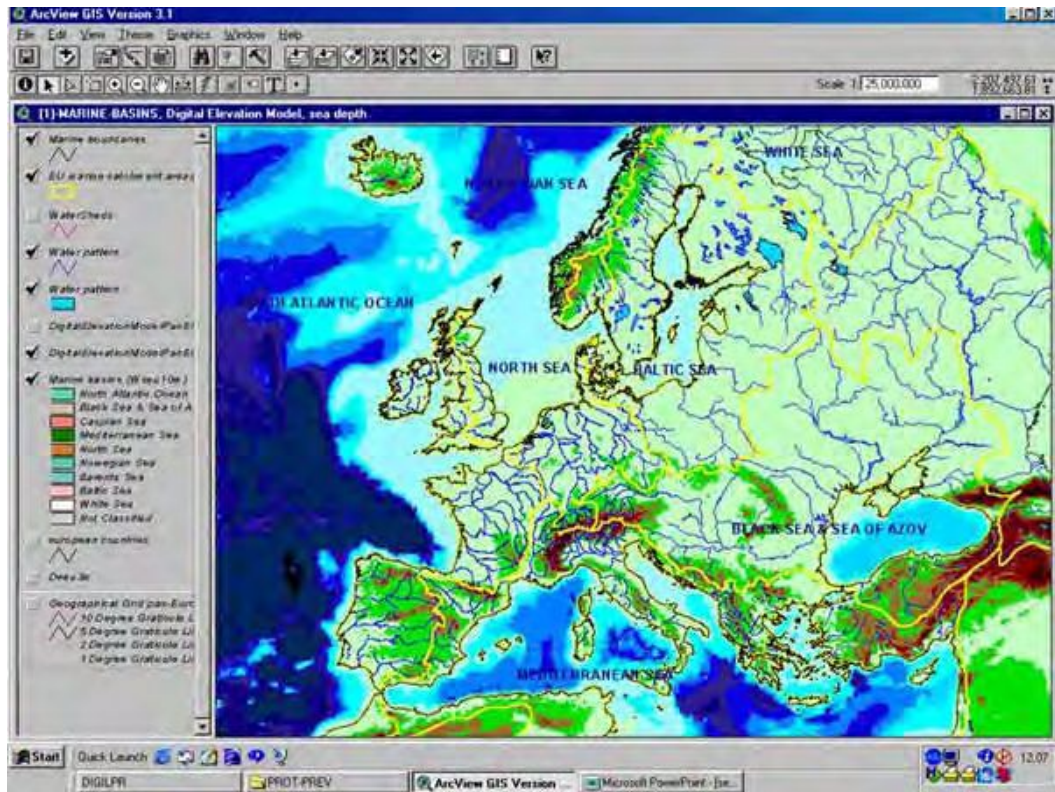


Figura 2.6 - Regione europea

Scala:	1 centimetro su una mappa rappresenta:
1:24,000	240 metri
1:50,000	500 metri
1:63,360	633.6 metri
1:100,000	1 chilometro
1:250,000	2.5 chilometri
1:500,000	5 chilometri
1:1,000,000	10 chilometri

Figura 2.7 - Esempi di conversioni di scala

2.4 La cartografia digitale

Il seguente paragrafo introduce il lettore nel mondo della cartografia digitale²⁷ cercando di trasmettere, al lettore interessato, la consapevolezza dell'importanza che ha sempre avuto e sempre avrà la possibilità di poter rappresentare il mondo reale con il modello geografico del mondo reale, sia che questa rappresentazione avvenga su tavoletta di argilla (2500-2300 a. C.), o su carta, o sul supporto magnetico-digitale di un computer (E. Caiaffa, 2002).

Nei seguenti paragrafi sono forniti alcuni cenni di storia della cartografia corredati da alcune immagini cartografiche provenienti dal passato, fino ad arrivare alle moderne tecnologie GIS che ci permettono di integrare e realizzare modellizzazioni del territorio sempre più vicine alla realtà.

2.4.1 Immagini dal passato

È pressoché impossibile risalire al momento in cui il concetto di dato geografico si sia affacciato per la prima volta alla consapevolezza della mente umana e con esso la conseguente necessità di rappresentarlo graficamente, di inventare cioè un linguaggio adatto alla sua rappresentazione e comprensione. Semplici segni come rette, punti e linee curve erano già strumenti che l'uomo, millenni prima dell'avvento della geometria euclidea, usava per tradurre visivamente la propria astrazione mentale della realtà arrivando a rappresentare graficamente la percezione ideale del mondo circostante. Tale propensione della mente umana è adesso universalmente riconosciuta come un'attitudine che ha preceduto tutte le altre forme di comunicazione scritta.

Varie tracce di quanto detto sono emerse durante alcune campagne di scavi, condotte da studiosi archeologi ed antropologi, che hanno portato alla luce varie testimonianze delle più antiche forme di cartografia. Le scoperte cui si è pervenuti permettono di realizzare non solo dei confronti cronologici ma anche di avere notizie circa le caratteristiche geografiche del tempo e di come esse venivano percepite.

Le mappe, in varie e alle volte assai bizzarre forme, sono onnipresenti presso qualsiasi tipo di civiltà, consentendo dunque di individuare differenze ed influenze culturali e fornendo informazioni utili a tracciare l'evoluzione concettuale, che il pensiero dell'uomo ha dovuto percorrere, per arrivare alla rappresentazione grafica del dato geografico.

È comunemente accettata come la più antica mappa conosciuta, una tavoletta di argilla di età Babilonese (figura 2.8), scoperta nel 1930 durante gli scavi della città di Ga-Sur poi Nuzi, vicino le città di Harran e Kirkuk, 200 miglia a nord da dove sorgeva la antica città di Babilonia (attuale Iraq). La mappa di argilla misura 7,6 x 6,8 cm e proviene dalla dinastia di Sargon di Akkad che era in auge nel 2.500-2.300 prima di Cristo. La superficie della tavoletta mostra la mappa di un distretto circondato da due file di colline e attraversato da un corso di acqua (E. Caiaffa, 2002).

²⁷ È la versione digitale di una carta geografica tradizionale cartacea in cui gli elementi geografici della carta stessa sono memorizzati per mezzo di una serie di *files* su computer.

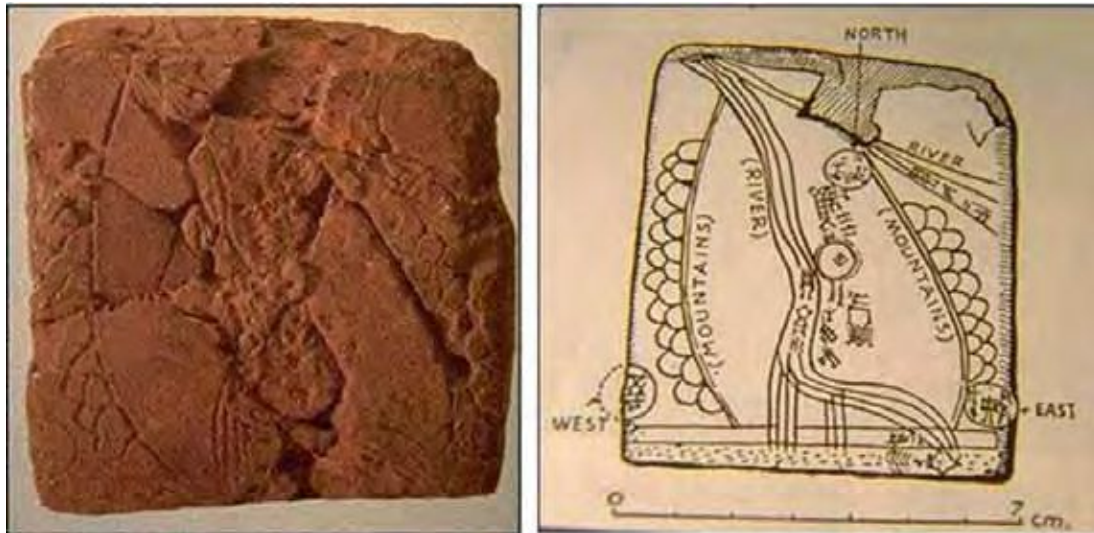


Figura 2.8 - Immagini dal passato

Questa tavoletta è disegnata con caratteri cuneiformi e riporta impressi o meglio graffiati sull'argilla anche dei simboli stilizzati. Alcune iscrizioni identificano forme e luoghi. Nel centro, l'area di un appezzamento di terra è misurato in 354 iku (12 ettari circa), e il nome del suo proprietario è Azala. Non si è stati fino ad ora in grado di interpretare nessuno dei nomi incisi degli altri luoghi tranne quello a lato sinistro in alto. Questo è Mashkan-dur-ibla, un luogo menzionato nei testi provenienti da Nuzi. Dal nome, la mappa è identificata come una regione vicino Yorghan-Tepe dei nostri giorni. L'iscrizione sembra rappresentare un corso d'acqua che scorre lungo una valle e va a congiungersi con un altro. Inoltre le file laterali di semicerchi potrebbero rappresentare catene di colline. Il contenuto geografico dell'area rappresentata sulla tavoletta consisterebbe dunque in una valle fluviale che potrebbe essere quella del fiume Eufrate che scorre attraverso un delta a tre rami nella regione settentrionale della Mesopotamia. Nord, Est e Ovest sono indicati tramite cerchi inscritti, il che implica che la mappa era allineata nelle direzioni cardinali così come lo è adesso.

Questa tavoletta illustra anche il sistema cartografico sessagesimale²⁸ sviluppato dai Babilonesi e rappresenta il più antico esempio di mappa topografica.

Tuttavia, mentre la mappa su tavoletta di argilla Babilonese è stata accettata come la più antica mappa conosciuta, c'è un altro artefatto cartografico, che potrebbe contendere questo primato, trovato nel 1963 da James Mellaart presso Ankara, in Turchia nell'ambito dei programmi degli scavi di Catal Hyuk in Anatolia. Questa mappa è in realtà una parete dipinta lunga circa nove piedi e datata con il metodo del radio carbonio a 6,200+97 prima di Cristo. Il suo scopritore, James Mellaart, ritiene che la mappa riproduca la pianta della città di Catal Hyuk stessa. (E. Caiaffa, 2002).

²⁸ Nel sistema sessagesimale l'unità di misura angolare è il grado sessagesimale definito come: $1^\circ = \pi / 180$ radianti; valori notevoli: $360^\circ =$ angolo giro, $180^\circ =$ angolo piatto, $90^\circ =$ angolo retto; sottomultipli: $1' = 1^\circ / 60$ (un primo), $1'' = 1' / 60$ (un secondo). I sottomultipli del secondo vengono espressi in forma decimale. È impiegato tradizionalmente per esprimere le coordinate geografiche latitudine e longitudine.

2.4.2 La cartografia e il GIS

La carta geografica è un documento informativo per eccellenza: essa è in grado di fornire la concezione più efficace e più vicina della realtà esistente attraverso la rappresentazione simbolica in scala di alcune caratteristiche del mondo reale.

Sotto il nome di cartografia digitale va annoverata una vasta produzione di basi di dati cartografici in grado di risiedere, sia in archivi composti di semplici *files*, sia in sofisticati DBMS (Data Base Management System) organizzati sui diversi supporti digitali offerti dalle moderne componenti hardware di un computer.

La cartografia digitale è una forma di carta geografica informatizzata e proprio nella caratteristica di essere informatizzata risiede tutta la peculiarità e singolarità di questo tipo di carta geografica. Per mezzo di software specializzati è infatti possibile legare alla semplice carta geografica (digitale), una serie di informazioni, sia di tipo qualitativo che quantitativo, nella loro corretta posizione sulla carta e quindi sul territorio che essa rappresenta, nello spazio e nel tempo. Una carta geografica digitale, quindi, immagazzina e memorizza, sia la posizione che la descrizione degli elementi, in una serie di *files* su computer.

La figura 2.9 mostra un esempio di quanto detto: nelle colonne della tabella si possono vedere i valori delle coordinate geografiche Lat, Lon che individuano i punti di misura delle concentrazioni di inquinanti nel Mare del Nord.

La colonna Shape contiene la descrizione dell'elemento grafico, cui si è ricondotto il punto di misura a mare, da rappresentare sulla carta. Le altre colonne di seguito riportano i valori misurati.

Nella figura 2.10, appare subito evidente la differenza di lettura degli stessi dati in formato tabellare o posizionati con il loro valore numerico nella esatta posizione spaziale e temporale in cui sono stati misurati.

Con la tecnica del *point e click*²⁹ (figura 2.10), operando un *click* sul punto di misura indicato dalla freccia, automaticamente si apre una finestra in cui vengono riportati tutti i valori, a partire dalle coordinate geografiche del punto di misura stesso, fino a tutti i valori delle concentrazioni misurate per quel punto. In questo senso possiamo affermare che il GIS rende la cartografia dinamica.

²⁹ L'azione/funzione offerta dal GIS di posizionarsi su un punto preciso di un oggetto su una mappa, cliccare ed ottenere, per esempio, informazioni su tale oggetto.

Shape	Area	Perimeter	Shelf	Lat	Lon	Year	Quarta	N	Markering	Mean	Standard deviation	Min	Max		
Point	0.000	0.000	3898	3898	58.25	9.25	1998	1	12	0.325	5.2625	0.3731	4.850	5.240	6.0800
Point	0.000	0.000	3899	3899	58.75	9.25	1998	1	12	0.472	7.7525	1.0223	6.390	7.610	9.1500
Point	0.000	0.000	3900	3900	57.75	9.75	1998	1	18	0.364	7.0925	2.8526	5.120	5.970	12.5800
Point	0.000	0.000	3901	3901	58.25	9.75	1998	1	3	0.333	5.3667	0.0047	5.360	5.370	5.3700
Point	0.000	0.000	3902	3902	57.75	10.25	1998	1	3	0.318	5.1567	0.0377	5.130	5.130	5.2100
Point	0.000	0.000	3903	3903	59.25	10.25	1998	1	8	0.756	12.3275	0.5946	11.540	12.190	13.2600
Point	0.000	0.000	3904	3904	58.25	10.75	1998	1	1	0.475	7.6800	0.0000	7.660	7.660	7.6800
Point	0.000	0.000	3905	3905	57.25	10.75	1998	1	3	0.412	6.6900	0.0424	6.650	6.650	6.7400
Point	0.000	0.000	3906	3906	57.75	10.75	1998	1	6	0.400	6.4767	1.0386	5.430	6.455	7.6400
Point	0.000	0.000	3907	3907	58.25	10.75	1998	1	6	0.374	6.0300	0.5843	5.380	6.040	6.6200
Point	0.000	0.000	3908	3908	58.75	10.75	1998	1	3	0.472	7.7367	0.1791	7.610	7.610	7.9900
Point	0.000	0.000	3909	3909	59.25	10.75	1998	1	32	0.535	9.6813	1.9207	5.340	8.635	13.6500
Point	0.000	0.000	3910	3910	59.75	10.75	1998	1	16	0.865	13.6869	2.2255	8.690	13.955	17.1700
Point	0.000	0.000	3911	3911	56.25	11.25	1998	1	1	0.355	5.7300	0.0000	5.730	5.730	5.7300
Point	0.000	0.000	3912	3912	57.75	11.25	1998	1	3	0.441	7.2267	0.1509	7.120	7.120	7.4400
Point	0.000	0.000	3913	3913	58.25	11.25	1998	1	6	0.463	7.4150	0.6989	6.620	7.465	8.1600
Point	0.000	0.000	3914	3914	57.25	11.75	1998	1	1	0.211	3.4000	0.0000	3.400	3.400	3.4000
Point	0.000	0.000	3915	3915	56.25	12.25	1998	1	1	0.301	4.8500	0.0000	4.850	4.850	4.8500
Point	0.000	0.000	3916	3916	56.75	12.25	1998	1	1	0.265	4.2700	0.0000	4.270	4.270	4.2700
Point	0.000	0.000	3917	3917	55.75	12.75	1998	1	1	0.298	4.8100	0.0000	4.810	4.810	4.8100
Point	0.000	0.000	3918	3918	56.25	12.75	1998	1	1	0.369	5.9500	0.0000	5.950	5.950	5.9500
Point	0.000	0.000	3919	3919	56.75	12.75	1998	1	1	0.335	5.4100	0.0000	5.410	5.410	5.4100

Figura 2.9 - Esempio di tabella degli attributi in un GIS

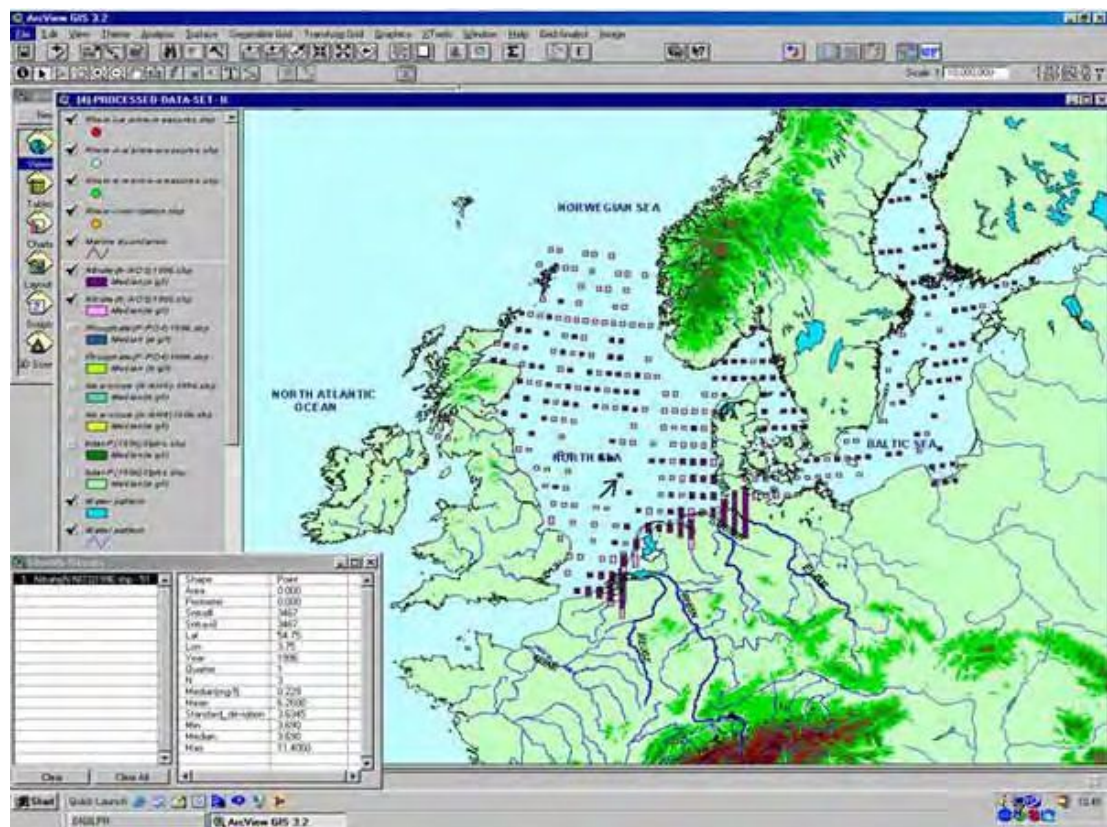


Figura 2.10 - Point and click

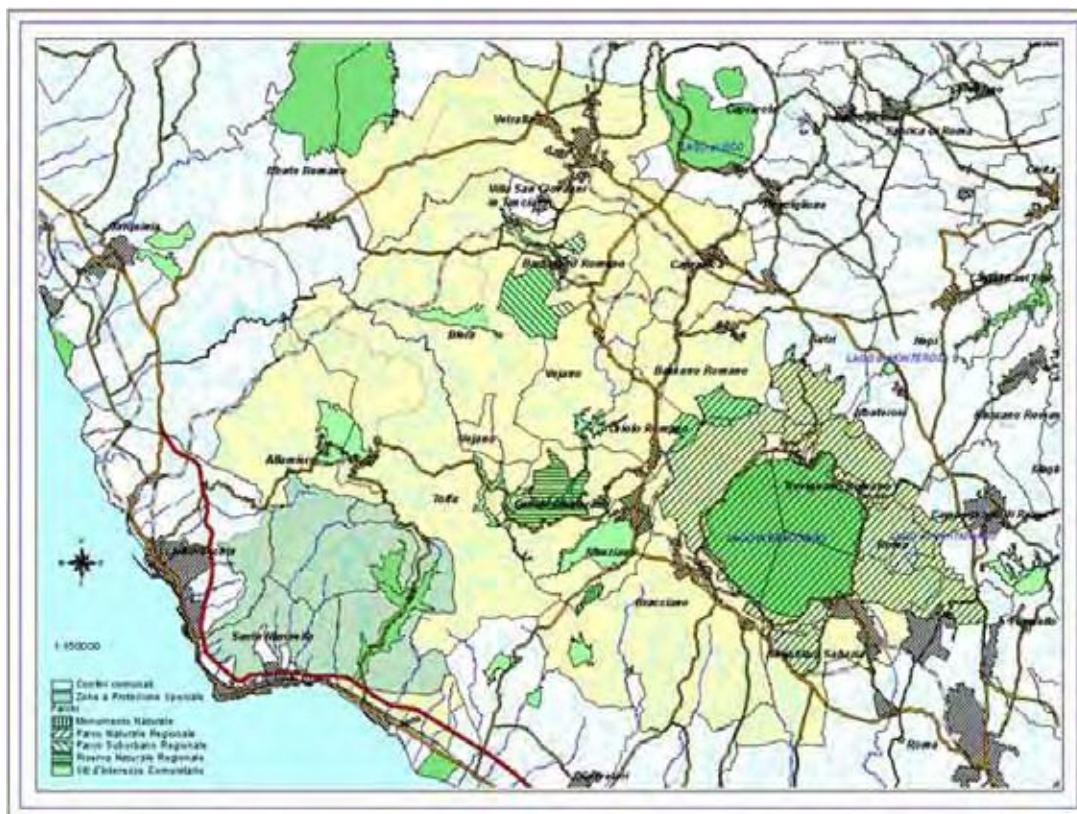


Figura 2.11 - Simbolizzazioni a reticolo trasparente

Il primo passo verso la realizzazione di un GIS è l'individuazione della cartografia digitale di base su cui costruire l'applicazione in oggetto. La cartografia di base³⁰, come dice il nome stesso, servirà da base sulla quale appoggiare i diversi strati (*layer*³¹) informativi ciascuno descrivente un tema.

Come mostrato nella figura 2.11, diverse tematizzazioni ed informazioni, per risultare utili alla definizione dello specifico problema in studio, devono essere combinate tra loro. Spesso ciò si traduce in una sovrapposizione dei temi e nasce dunque la necessità di utilizzare simbolizzazioni a *reticolo trasparente*³², offerte dal GIS, in modo da permettere la visione dei diversi temi, sovrapposti nella rappresentazione cartografica, che altrimenti rimarrebbero coperti.

Nei molteplici esempi fino ad ora citati sono state focalizzate alcune utilizzazioni del GIS come, ad esempio: la restituzione delle posizioni geografiche di tutti i licei classici con più di 100 studenti della provincia di Roma; la mappatura delle concentrazioni di sostanze inquinanti alla foce dei grandi fiumi europei del Mare del Nord; la localizzazione delle stazioni di misura di inquinanti lungo i percorsi dei grandi fiumi

³⁰ Rappresentazione piana e bidimensionale delle caratteristiche fisiche, geometriche, naturali e/o artificiali di parte o dell'intera superficie terrestre secondo determinate proiezioni.

³¹ Strato informativo.

³² Tipo di simbolizzazione tematica, propria del GIS, che permette la visione, in quanto trasparenti, di più strati tematici informativi sovrapposti.

europei; ecc. Tali differenti impieghi del GIS prevedono, come è facile intuire, il reperimento di basi cartografiche sia di diversa scala che di diversi contenuti.

Il recente successo ottenuto dai Sistemi Informativi Territoriali ha come conseguenza favorito una crescita ed uno sviluppo complementare di basi di dati cartografici numeriche³³.

Queste ultime, contrariamente alla cartografia tradizionale, che viene tuttora realizzata per un'utenza decisamente vasta e diversificata, sono state costruite, nella maggior parte dei casi, per raggiungere i più dissimili obiettivi dettati dalle singole esigenze dei diversi utenti richiedenti.

La proliferazione della produzione di banche dati ad hoc, se pur realizzate e acquisite con metodologie differenti, ha portato duplicazioni e ripetizioni nel campo della produzione di cartografia numerica³⁴. Altra considerazione importante è che, a differenza della cartografia tradizionale, che ha da tempo degli standard riconosciuti a livello internazionale, l'informatizzazione della cartografia è ancora una pratica relativamente nuova e per essa non sono ancora stati raggiunti e standardizzati criteri omogenei di produzione e di controllo di qualità.

2.5 La georeferenziazione dei dati. Coordinate geografiche, sistemi di proiezione e sistemi di riferimento

In questo paragrafo il lettore viene introdotto nel mondo della rappresentazione geografica del territorio affrontando alcuni aspetti e particolarità necessari per una corretta riproduzione del territorio attraverso i dati impiegati in un GIS. I diversi dati, geografici e non, che si possono rappresentare ed integrare nel GIS, sono dati particolari e per il loro caricamento ed utilizzo all'interno del GIS stesso è necessario avere chiari vari concetti come la georeferenziazione³⁵ dei dati attraverso l'attribuzione di coordinate geografiche, così come il concetto di sistema di proiezione e sistema di riferimento geografico.

2.5.1 La georeferenziazione dei dati

Il termine georeferenziazione sta per indicare il corretto posizionamento dei dati e delle informazioni ad essi associate, detti attributi del dato, in un determinato sistema di riferimento. Per una corretta rappresentazione dei dati e delle informazioni è dunque necessario conoscere il sistema di riferimento adottato e, laddove necessario, convertire le coordinate di detti dati per evitare errori nella rappresentazione della loro posizione sulla carta geografica.

Caratteristica fondamentale di un software GIS è la sua capacità di georeferenziare i dati: ad ogni elemento che si vuole visualizzare su una mappa devono essere attribuite le sue coordinate spaziali reali. In altre parole, le coordinate di un oggetto non sono memorizzate relativamente ad un sistema di riferimento arbitrario (ad es.: 12 centimetri

³³ Dati cartografici memorizzati come files di dati numerici.

³⁴ È costituita dall'insieme degli archivi di coordinate che descrivono la geometria degli oggetti cartografati e dall'insieme delle codifiche che ne individuano la tipologia. La cartografia numerica ha tutti i contenuti e almeno tutte le stesse funzioni di base della cartografia tradizionale.

³⁵ Letteralmente referenziazione geografica di un dato, di un manufatto, di un qualsiasi oggetto su una mappa.

dal bordo inferiore e 5 da quello sinistro di una mappa) ma sono memorizzate secondo le coordinate del sistema di riferimento geografico in cui realmente è situato l'oggetto.

La scala³⁶ di rappresentazione è dunque un parametro per definire il grado di accuratezza e la risoluzione della rappresentazione grafica e quindi utilizzabile ad esempio per definire la densità di rappresentazione: ad una scala minore, elementi di dettaglio come, per esempio, gli edifici di una città non verranno rappresentati e compariranno soltanto gli isolati o le aree urbanizzate.

Georeferenziare un oggetto su una mappa significa collocarlo (sulla mappa, mediante punti a coordinate note detti punti di controllo) nella esatta posizione da esso occupata (nello spazio e nel tempo) nella realtà territoriale da rappresentare mantenendo intatte le relazioni di tale oggetto con gli altri elementi della mappa stessa, secondo un determinato sistema di riferimento.

La georeferenziazione di un oggetto, cioè il suo aggancio alla mappa rappresentante il territorio, può avvenire secondo due criteri: diretto o indiretto.

Nel caso della georeferenziazione diretta l'oggetto in questione viene descritto dalle sue coordinate contenute nei campi Lat³⁷ e Lon³⁸ (vedi precedente figura 2.9), dalla sua forma contenuta nel campo *shape*³⁹, che nel caso della figura mostrata è *point*, poiché lo strato informativo è quello relativo ai punti di misura delle concentrazioni di inquinanti nel Mare del Nord. Seguono i campi contenenti i valori delle misure delle concentrazioni stesse.

Se l'oggetto da georeferenziare è ad esempio un fiume o una strada l'elemento grafico descrittivo è costituito da linee, se è l'area di un bacino idrografico o la superficie di un lago l'elemento grafico descrittivo sarà costituito da poligoni.

La georeferenziazione indiretta si basa sulla definizione di un parametro scelto come elemento di relazione tra l'oggetto che si vuole georeferenziare e una base geografica nota.

L'elemento può essere ad esempio il codice amministrativo di un Comune che, associato all'oggetto in questione che si vuole referenziare geograficamente, ne dichiara la presenza all'interno dell'area definita, ad esempio, dal limite comunale. Si dà per scontato che esista una base cartografica dove l'area del Comune in questione è descritta in termini di coordinate. Le tecniche di georeferenziazione indiretta si possono basare anche su codici come quelli di regione, di parchi, di bacini idrografici, di bacini marini, e così via.

Nella figura 2.12 si riporta un esempio di georeferenziazione delle classi dell'uso del suolo associate alle porzioni di territorio da esse occupate. La georeferenziazione avviene tramite l'attributo area (poligoni) che come si può vedere dalla figura è comune a tutti e due i *files* caratterizzanti la copertura in esame.

³⁶ La scala di rappresentazione di una distanza tra due punti su una mappa è data dal rapporto tra la distanza sulla mappa e la distanza sulla superficie terrestre.

³⁷ La latitudine geografica è la distanza angolare di un punto (P) dall'equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto.

³⁸ La longitudine geografica di un punto (P) è l'angolo tra il meridiano del luogo e il meridiano fondamentale (di Greenwich), è positiva a ovest e negativa a est di Greenwich.

³⁹ Forma dell'oggetto grafico scelto per la rappresentazione di dati in un GIS: punto, linea, area ecc.

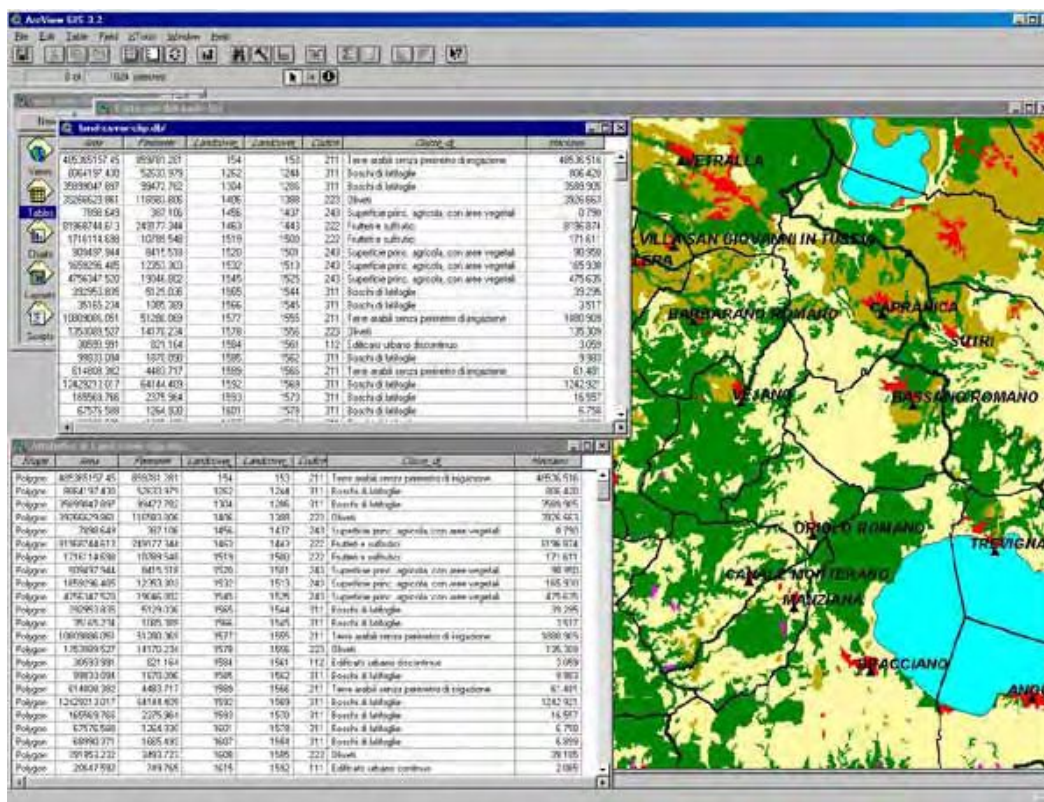


Figura 2.12 - Georeferenziazione delle classi "Uso del suolo"

2.5.2 La rappresentazione del territorio

Lo scopo principale di una carta geografica è quello di rappresentare sul piano aree più o meno estese della superficie terrestre che come ben sappiamo, in realtà, non è affatto piana né regolare. La carta geografica deve comunque fornire la concezione il più realistica ed efficace possibile della realtà che si vuole raffigurare.

La superficie effettiva della terra, quella che noi calpestiamo o navighiamo, ha una forma irregolare, così come è irregolare la distribuzione delle masse che compongono il globo terrestre come si può vedere dalla figura 2.13 di seguito riportata. Per poter rappresentare la superficie terrestre è necessario assumere una forma ideale di tale superficie che risponda alle regole della matematica e della geometria.

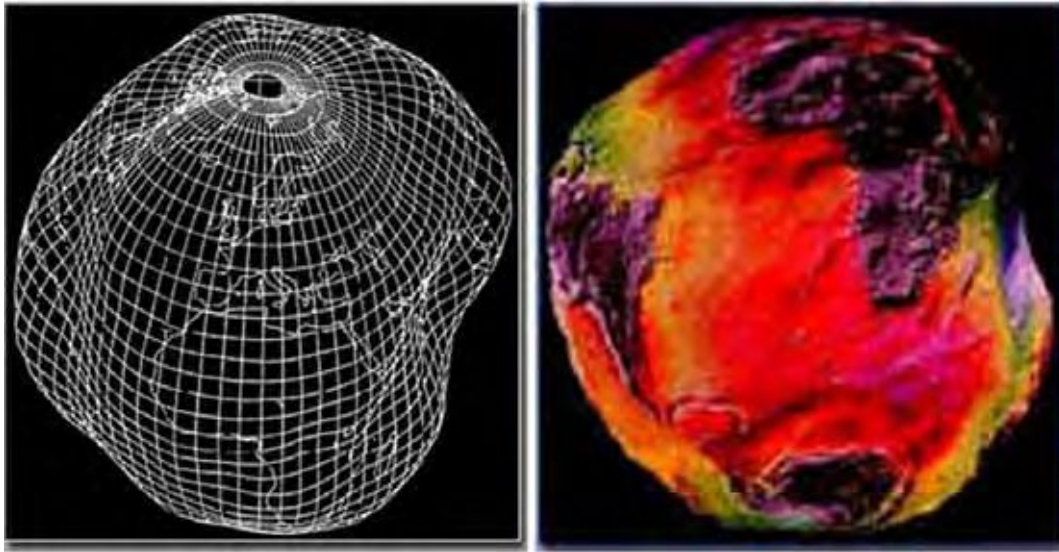


Figura 2.13 - Forma della Terra

(da: <http://www.analisidifesa.it/numero17/do-geo.htm>)

Nel 1873 Listing enunciò una forma ideale per la Terra denominandola Geoide⁴⁰ ottenibile come il prolungamento del livello medio dei mari sotto i continenti fino ad avvolgere l'intero pianeta. Una tale forma rappresenterebbe una superficie priva di asperità e convessa in ogni suo punto e in ogni suo punto normale al vettore gravità tanto che la si è definita come la superficie equipotenziale della Terra.

Ma il Geoide non possiede una espressione matematica per poter essere rappresentato e quindi va anch'esso approssimato introducendo la cosiddetta superficie ellissoidica⁴¹ (Capitolo 2, paragrafo 5.5) o di riferimento.

Ellissoidi di riferimento in grado di modellare la superficie della Terra sono talmente vicini all'essere sferici che possono essere chiamati sferoidi. Diversi ellissoidi di riferimento vengono usati in giro per il mondo, a seconda della regione di interesse a causa del variare della curvatura della Terra nei diversi luoghi.

A causa dello schiacciamento misurato ai poli, provocato dall'azione della forza centrifuga nel movimento di rotazione della Terra attorno al suo asse, si è scelto l'ellissoide come la forma geometrica che meglio riveste la superficie terrestre o almeno che lo fa per la maggior parte delle applicazioni. Tale ellissoide scelto, che sarà il riferimento per rappresentare una forma della Terra il più realistica possibile, è posizionato rispetto ad un punto della superficie effettiva che si vuole rappresentare che generalmente è il punto centrale della zona da *cartografare* denominato datum⁴² (Capitolo 2, paragrafo 5.5).

⁴⁰ Forma ideale della superficie terrestre ideata da Listing nel 1873 ottenibile come il prolungamento del livello medio dei mari sotto i continenti fino ad avvolgere l'intero pianeta.

⁴¹ È la superficie dell'ellissoide di riferimento.

⁴² È il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

In questo modo si è trovata la forma geometrica più vicina alla forma effettiva del territorio da *cartografare*: si è portata, cioè, la superficie effettiva sulla superficie ellissodica. L'applicazione della più adeguata proiezione⁴³ permette, infine, di stabilire una corrispondenza biunivoca tra ognuno dei punti dell'ellissoide con il piano della carta; questa corrispondenza è analiticamente definita dalle equazioni della carta.

Nel tentativo quindi di riportare la topografia⁴⁴ e l'orografia⁴⁵ della Terra su una carta geografica piana, viene fatto ricorso a varie tipologie di proiezioni (Capitolo 2, paragrafo 5.4) che ci consentono di trasferire i dati dalla superficie *quasi sferica* della Terra ad un foglio bidimensionale (supporto cartaceo o elettronico).

È importante comprendere il significato del concetto di proiezione (Capitolo 2, paragrafo 5.4) ed è altrettanto notevole avere chiaro che nessuna delle proiezioni disponibili può essere utilizzata per tutte le applicazioni: ogni proiezione ha qualità che possono renderla più appropriata per alcune applicazioni, meno per altre.

Infine i vari sistemi di coordinate (Capitolo 2, paragrafo 5.3) per localizzare i dati su una mappa definiscono/descrivono gli elementi spaziali in termini della loro attuale reale locazione sul terreno tenendo anche conto delle relazioni tra loro. L'elemento geografico deve essere proiettato/convertito in un sistema di coordinate geografiche utili alla rappresentazione del dato (dell'informazione) in modo reale, nel senso di reale descrizione del mondo circostante.

2.5.3 Sistemi di coordinate

Le coordinate geografiche servono per determinare la posizione di punti sulla superficie terrestre nei vari sistemi di riferimento che si hanno a disposizione.

Cambiando il tipo di proiezione o rappresentazione e lasciando inalterato il sistema di riferimento, le coordinate geografiche di un punto non subiscono variazioni.

I diversi sistemi di coordinate sono legati ai diversi sistemi di riferimento come si può evincere dalla tabella riportata nella figura 2.14 in cui, oltre alla descrizione di alcune proiezioni/rappresentazioni, viene dato anche l'Istituto produttore di carte che li utilizza.

I sistemi di coordinate più comunemente usati sono le coordinate geografiche espresse in gradi sessagesimali e le coordinate piane espresse in metri e riferite a diversi fusi di riferimento.

La localizzazione degli elementi geografici su una mappa viene effettuata utilizzando coordinate del mondo reale: queste coordinate rappresentano la reale locazione sulla superficie della terra, in uno dei possibili, e magari anche in uno dei più efficaci, sistemi di riferimento adatto a quel particolare studio e/o rappresentazione.

⁴³ La proiezione è un modo di rappresentare la superficie sferica, tridimensionale della Terra come una superficie piatta bidimensionale.

⁴⁴ o rilevamento topografico, il processo operativo che conduce alla rappresentazione cartografica di una porzione di territorio terrestre.

⁴⁵ Conformazione geografica del terreno.

Denominazione	Produzione cartografica
<i>Sanson - Flamsteed Naturale</i> (Cilindrica diretta)	IGM fino al 1948
<i>Soldner – Cassini</i> Cilindrica inversa	CATASTO
<i>Gauss*</i> Cilindrica inversa	IGM, CIGA, CTR, CATASTO
<i>Mercatore, Mercator Secante, Gnomonica</i> Cilindrica diretta	IGM, IIM
<i>Lambert</i> Conica conforme	IGM, CIGA

Figura 2.14 - Principali proiezioni utilizzate dagli Enti Cartografici

Il sistema più comunemente usato per la individuazione della posizione degli elementi geografici su una mappa è quello delle coordinate cartesiane⁴⁶ x,y o x,y,z : ogni punto è rappresentato con una singola coppia di coordinate x,y ; ogni linea è memorizzata come una serie ordinata di coordinate x,y ; ogni area è memorizzata come una serie ordinata di coordinate x,y che definiscono i segmenti perimetrali della figura chiusa. Con le coordinate x,y è possibile rappresentare punti, linee e poligoni come liste di coordinate, invece che come un disegno.

Le coordinate sono usate per descrivere posizioni di oggetti e/o elementi topografici in uno spazio bi o tri-dimensionale. Un sistema bi-dimensionale usa una coppia di coordinate, tipicamente x e y per descrivere una posizione orizzontale sulla Terra. Un sistema tridimensionale aggiunge l'altezza per creare una posizione x, y, z .

Oltre al sistema di riferimento Cartesiano, esistono altri sistemi con coordinate basate su angoli misurati da un punto come il centro della Terra. Per esempio nel sistema Latitudine/Longitudine le posizioni sono descritte basandosi su misure angolari a nord o a sud dell'equatore e ad est o ad ovest del Primo Meridiano che passa per Greenwich.

⁴⁶ Servono a identificare un punto nello spazio, una volta fissata una terna di assi cartesiani (x, y e z).

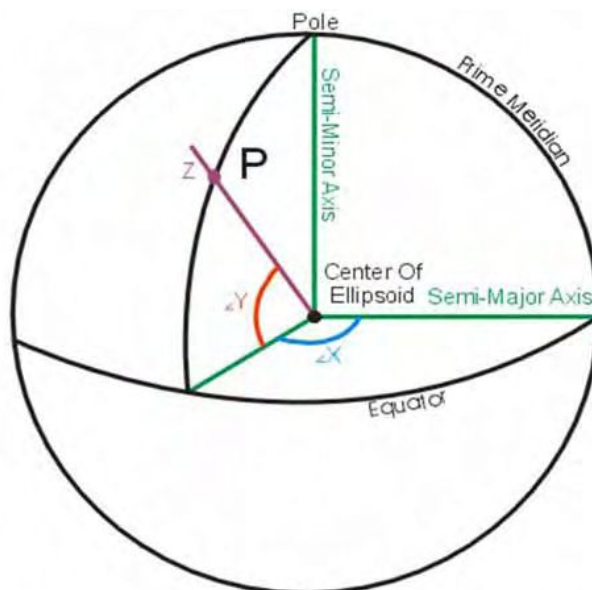


Figura 2.15 - Coordinate polari

Questo è quello che viene definito un sistema di coordinate polari (coordinate sferiche)⁴⁷, come mostrato nella figura 2.15.

Le coordinate polari (coordinate sferiche): identificano un punto nello spazio. Una volta fissata una terna di assi cartesiani (x, y e z), un punto P è individuato dai valori di r, q e j dove: **r** (PO), raggio vettore, è la distanza del punto P sulla sfera dall'origine O della terna di assi cartesiani; **q**, chiamato distanza zenitale o colatitudine, è l'angolo formato da PO con l'asse z, dove O è l'origine degli assi; **j**, azimut o longitudine, è l'angolo formato da OH con l'asse x dove H è la proiezione ortogonale del punto P sul piano xy (piano equatoriale) (figura 2.16).

I vari sistemi di coordinate per localizzare i dati su una mappa definiscono/descrivono gli elementi spaziali in termini della loro attuale reale locazione sul terreno tenendo anche conto delle relazioni che intercorrono tra loro. L'elemento geografico deve essere proiettato/convertito in un sistema di coordinate geografiche utili alla rappresentazione del dato e dell'informazione in modo reale, nel senso di reale descrizione del mondo circostante.

⁴⁷ Le coordinate polari (coordinate sferiche) identificano un punto nello spazio. Una volta fissata una terna di assi cartesiani (x, y e z) un punto P è individuato dalla terna r, q e j dove: r è chiamato raggio vettore, (distanza PO), q è chiamato distanza zenitale o colatitudine, (angolo formato da PO con l'asse z, dove O è l'origine degli assi), j si chiama azimut o longitudine (angolo formato da OH con l'asse x dove H è la proiezione ortogonale del punto P sul piano xy).

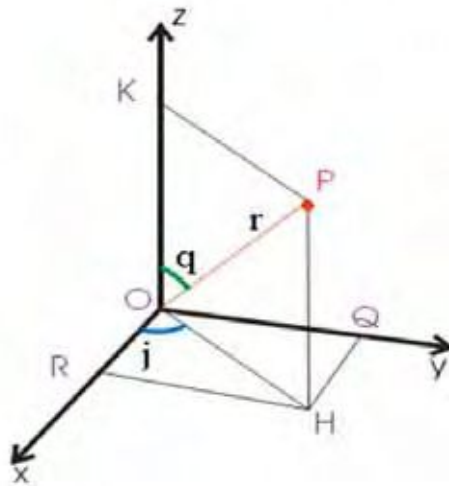


Figura 2.16 - Coordinate polari

Il sistema di coordinate geografiche più comunemente usato è l'Universal Transverse Mercator⁴⁸ (UTM) (figura 2.17) in cui un punto su una carta è individuato dalla sua distanza (metri, chilometri) dal meridiano di riferimento e dalla sua distanza dall'Equatore.

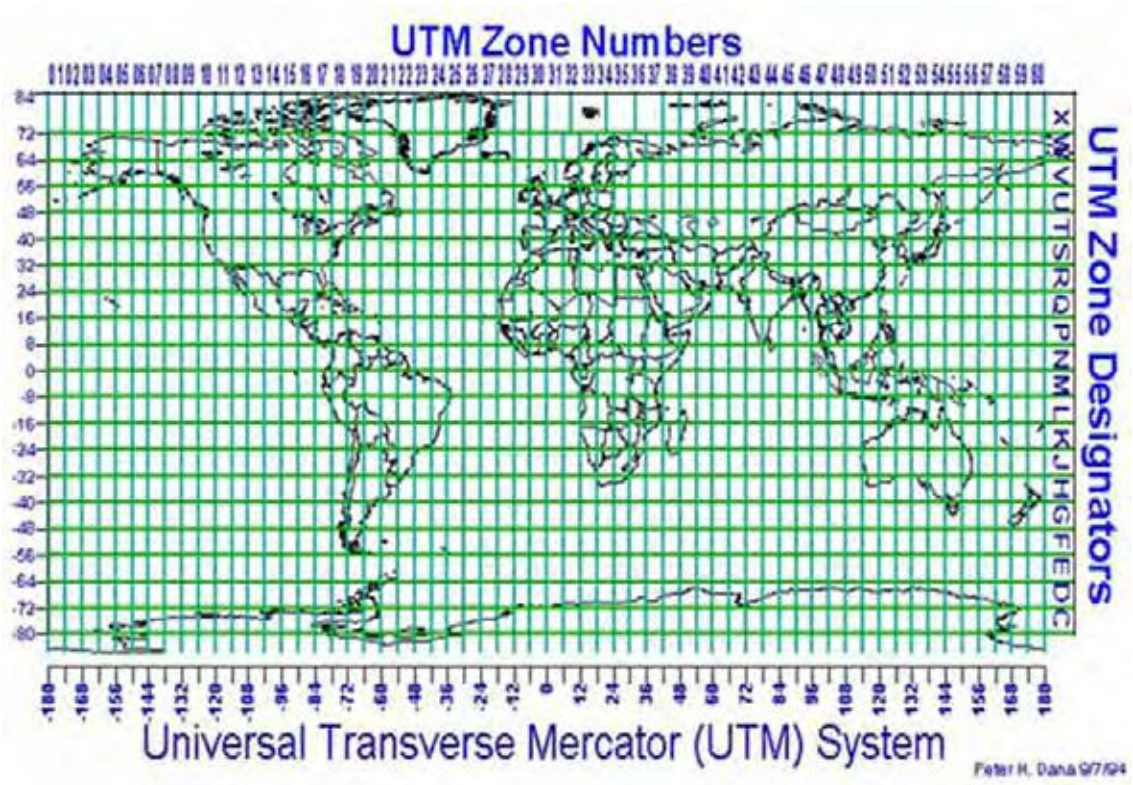


Figura 2.17 - Reticolo UTM

⁴⁸ Sistema di coordinate spaziali.

Il sistema di coordinate UTM si basa sull'ellissoide di riferimento (datum) europeo del 1950. I datum, (Capitolo 2, paragrafi 5.2 e 5.5), sono dei modelli matematici della superficie terrestre, che periodicamente possono subire dei cambiamenti in seguito a campagne di rilevamenti geodetici⁴⁹ più sofisticati.

Come si può vedere dalla figura 2.17, il sistema UTM consiste nella proiezione della superficie terrestre, che noi sappiamo essere la superficie esterna dell'ellissoide di riferimento, su un piano e nella seguente divisione di tale superficie in 60 zone, i fusi, ciascuna larga 6 gradi che attraversano longitudinalmente la terra da nord a sud e sono numerati da 1 a 60.

Nel sistema UTM la superficie del territorio italiano interessa i fusi 32 e 33.

Il sistema di coordinate geografiche latitudine e longitudine (Lat. Lon.), volendo, solo a scopo di esempio, assimilare la Terra ad un'arancia, divide il globo in *spicchi* longitudinali, i meridiani, partendo da un meridiano di riferimento 0 passante per l'osservatorio di Greenwich in Inghilterra e in *fette* parallele alla linea dell'equatore, i paralleli, che determinano la latitudine.

Le coordinate Lat. Lon. si misurano in gradi e si enuncia prima la latitudine, ossia la distanza del punto dall'equatore a nord o a sud, e poi la longitudine ossia la distanza del punto dal meridiano fondamentale⁵⁰ di Greenwich a est o a ovest.

2.5.4 Concetti di latitudine e longitudine

La latitudine è la misura della posizione di un punto o un luogo sulla superficie terrestre data dalla distanza angolare, di tale punto, dall'equatore; viene espressa in gradi e frazioni di grado (minuti, secondi), e viene distinta in Nord e Sud a seconda che il punto si trovi nell'emisfero boreale (quello in cui si trova l'Europa) o in quello australe. Il valore varia tra 0° e 90°.

La longitudine è la misura della posizione di un punto o un luogo sulla superficie terrestre data dalla distanza angolare, di tale punto, dal meridiano fondamentale. Anch'essa è espressa in gradi e frazioni di grado e viene distinta tra Est e Ovest. Il suo valore varia tra 0° e 180°.

Una volta determinati i valori di latitudine e longitudine di un punto o di un luogo sulla superficie terrestre se ne conosce la posizione in modo assoluto ed inequivocabile.

Avvolgendo la Terra in un reticolato di cerchi paralleli all'Equatore e di cerchi meridiani convergenti nei Poli, come mostrato nella figura 2.18, possiamo infittire il reticolato a piacere: ogni punto si trova perciò all'intersezione di un parallelo con un meridiano e ad esso corrisponde una coppia di numeri: le sue coordinate geografiche ovvero la latitudine e la longitudine.

⁴⁹ Permettono di stabilire la posizione relativa di punti, distanti tra loro da pochi metri fino anche a centinaia di chilometri, con precisione di pochi millimetri. I rilevamenti geodetici permettono, dunque, l'osservazione e l'interpretazione delle deformazioni dalla scala locale a quella regionale, come ad es. la dinamica delle placche continentali.

⁵⁰ È il meridiano di riferimento. Tale meridiano è universalmente conosciuto come il Meridiano di Greenwich ed è una curva immaginaria che passa dal Polo Nord al Polo Sud passando dall'ex Osservatorio Reale di Greenwich, a Londra. Di conseguenza Greenwich si trova alla longitudine di 0°.

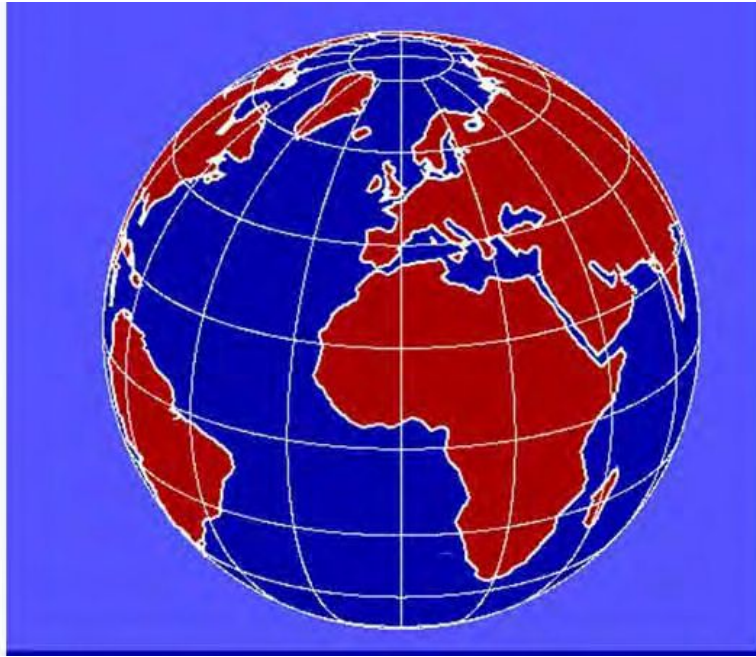


Figura 2.18 - Latitudine e longitudine

Più specificamente si definisce quindi latitudine di un luogo della Terra (P), l'angolo compreso tra il raggio terrestre (CP) che passa per quel luogo e il piano dell'Equatore. Tutti i luoghi che hanno la stessa latitudine si trovano sullo stesso parallelo (figura 2.19).

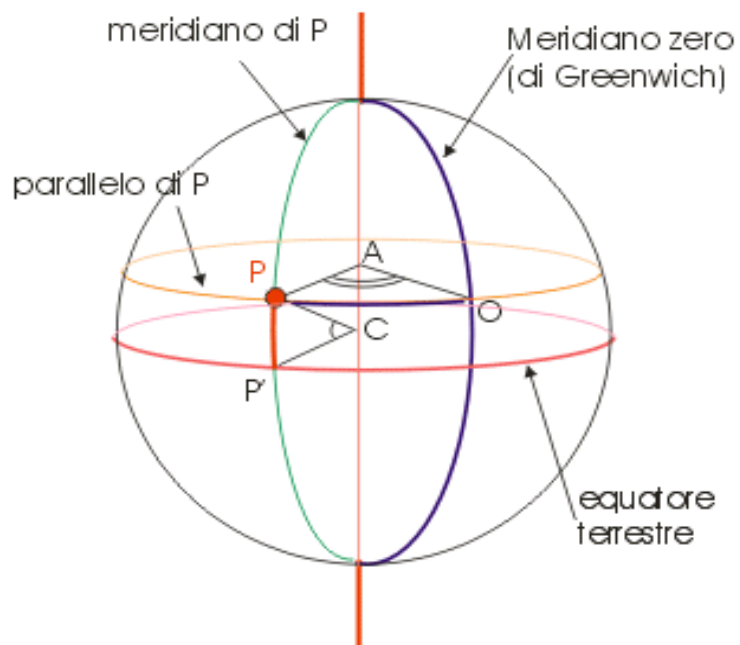


Figura 2.19 - Latitudine e longitudine

(<http://www.vialattea.net/eratostene/gloss/coordinategeografiche.html>)

Si definisce longitudine di un luogo (P) l'angolo diedro compreso tra il piano del meridiano di riferimento⁵¹ (meridiano zero o Greenwich) ed il piano del meridiano passante per quel luogo. Storicamente sono stati assunti quali meridiani di riferimento i meridiani passanti per vari luoghi. Da circa 200 anni il meridiano di riferimento per tutti gli abitanti della Terra è quello passante per l'Osservatorio di Greenwich in Inghilterra. Tutti i luoghi che si trovano sullo stesso meridiano hanno la stessa longitudine (figura 2.19).

2.5.5 Sistemi di proiezione

Come ormai più volte affermato, la forma della Terra è, anche se in modo del tutto approssimativo, geometricamente assimilabile ad una figura sferica (sferoide, ellissoide di riferimento) (Capitolo 2, paragrafo 5.2). La proiezione è un modo di rappresentare la superficie convessa (sferica, tridimensionale) della Terra come una superficie piana bidimensionale. Ovviamente la superficie reale della Terra risulterà deformata nel subire un tale processo di trasformazione; è necessario dunque scegliere quale caratteristica si vuole mantenere il più vicino possibile alla realtà che si deve rappresentare: superficie corretta, angoli corretti, distanza corretta... Ogni sistema di proiezione conserverà uno di questi parametri mentre cercherà di minimizzare l'errore sugli altri.

Proprio dal rispetto di una delle suddette caratteristiche parte una prima distinzione tra i diversi sistemi di proiezione: le cosiddette proiezioni equivalenti⁵² preservano le aree, le proiezioni conformi⁵³ preservano gli angoli, quelle equidistanti⁵⁴ le distanze tra punti determinati. I diversi tipi di proiezione sono basati su una forma geometrica di riferimento usata nel compiere la trasformazione da superficie sferica a superficie piana: lo sferoide. Per ragioni storiche ma soprattutto per la maggiore semplicità della geometria dell'ellissoide rispetto a quella dello sferoide, l'ellissoide è convenzionalmente considerata per le componenti planimetriche della cartografia, la superficie di riferimento della superficie terrestre (Capitolo 2, paragrafo 5.2).

Esiste una varietà di sistemi di proiezione ma tutti si possono generalmente ricondurre a tre tipi base: proiezione Azimuthal⁵⁵ (o Planar), proiezione conica⁵⁶, proiezione cilindrica⁵⁷ che si possono vedere rappresentati nella figura 2.20.

⁵¹ È il meridiano fondamentale. Tale meridiano è universalmente conosciuto come il Meridiano di Greenwich ed è una curva immaginaria che passa dal Polo Nord al Polo Sud passando dall'ex Osservatorio Reale di Greenwich, a Londra. Di conseguenza Greenwich si trova alla longitudine di 0°.

⁵² Proiezioni che preservano le aree.

⁵³ Proiezioni che preservano gli angoli.

⁵⁴ Punti od oggetti che presentano la medesima distanza da altri oggetti o zone di rispetto.

⁵⁵ (o Planar), preserva la direzione (o azimut) di tutti i punti della mappa rispetto ad un punto specifico. Una proiezione Azimuthal o planare è principalmente usata per la rappresentazione delle zone polari.

⁵⁶ Una proiezione conica minimizza la distorsione, creata dalla proiezione, per le aree della superficie terrestre alle medie latitudini.

⁵⁷ Cilindrica conforme o rappresentazione cilindrica diretta di Mercatore si ottiene per proiezione dei punti dell'ellissoide dal suo centro su un cilindro ad esso tangente lungo l'equatore. Meridiani e paralleli sono rappresentati sulla carta da rette perpendicolari. Una proiezione cilindrica mantiene gli angoli corretti mentre deforma aree e distanze ed è adatta a zone comprese tra i tropici.

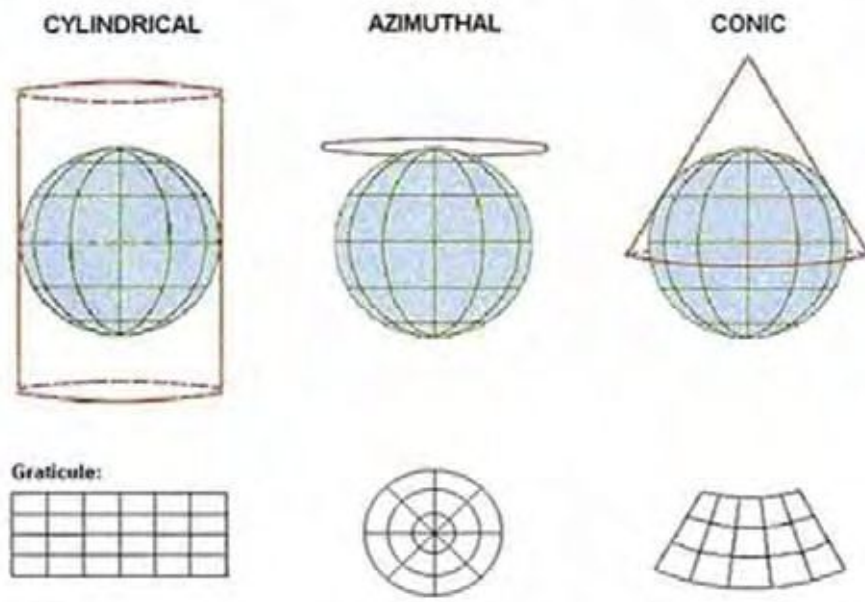


Figura 2.20 - Reticoli delle principali proiezioni

Una proiezione cilindrica mantiene gli angoli corretti mentre deforma aree e distanze ed è adatta a zone comprese tra i tropici. Una proiezione conica minimizza la distorsione, creata dalla proiezione, per le aree della superficie terrestre alle medie latitudini. Una proiezione Azimuthal o planare è principalmente usata per la rappresentazione delle zone polari.

Per ogni tipo di proiezione solo una piccola area della mappa (o distanza, o angolo) è accurata, ad un fattore di scala, all'area reale corrispondente sulla Terra. Come si può evincere dalla figura 2.21 la linea rossa indica le porzioni di Terra in cui, quel tipo di proiezione, mantiene, ad esempio, la distanza accurata.

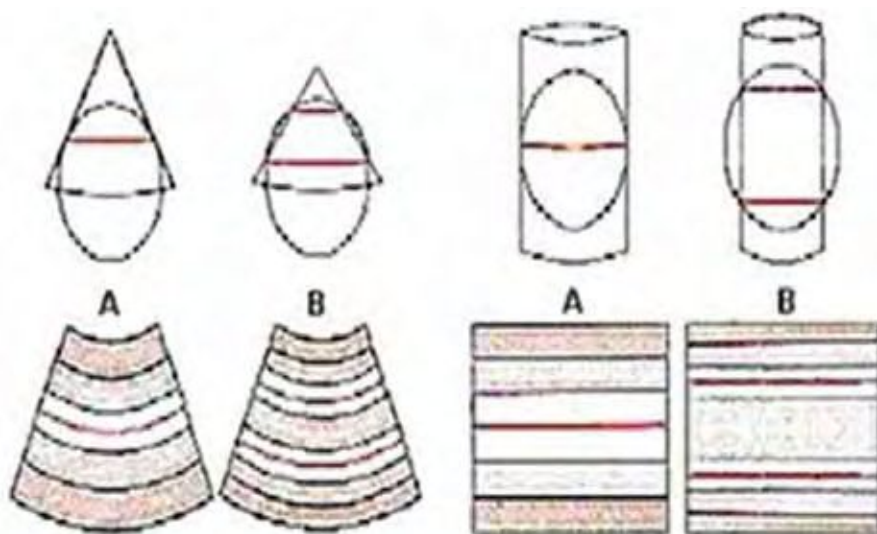


Figura 2.21 - Aree di accuratezza della proiezione

La scelta del tipo di proiezione definisce, quindi, il modo in cui stiamo proiettando (e quindi appiattendo) la superficie terrestre su una mappa. Una proiezione cilindrica per esempio è il tipo di proiezione usata comunemente per la navigazione. Essa mantiene gli angoli corretti.

La proiezione di Mercatore è anch'essa di tipo cilindrico mentre la proiezione Mercatore Trasversa è una variante della proiezione cilindrica in cui l'asse del cilindro non è orientato sud/nord.

Una delle caratteristiche fondamentali e fortemente caratterizzanti delle superfici di proiezione, di cui bisogna tenere conto, è la natura di tale superficie, che può essere piana, cilindrica, conica come si può vedere dalla figura 2.22.

Altro aspetto fortemente caratterizzante di una superficie di proiezione è l'orientamento di tale superficie rispetto alla superficie terrestre, che può essere normale, trasversa, obliqua.

Esempi di tali tipi di proiezione, comunemente usati, vengono riportati nella figura 2.23 per chiarezza e completezza, ben sapendo che il tema richiederebbe ulteriori approfondimenti di Cartografia, a sua volta tema di studio della Geodesia, che ci porterebbero lontano dall'argomento GIS.

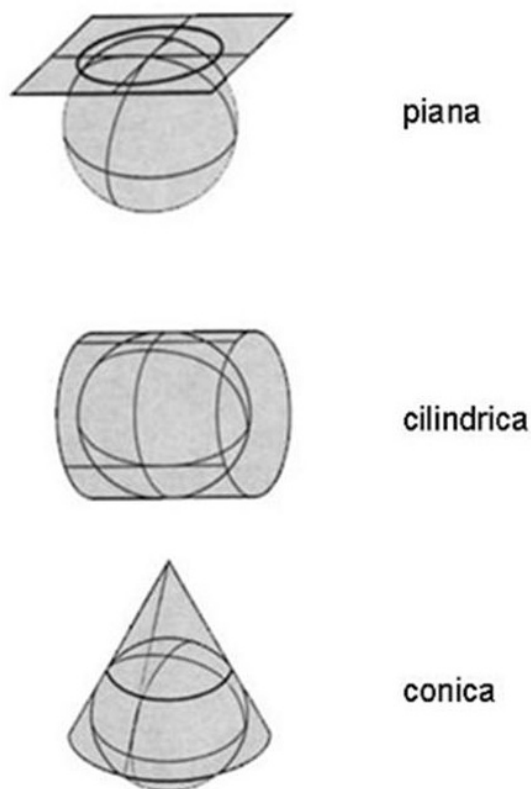


Figura 2.22 - Tipi di superfici della proiezione

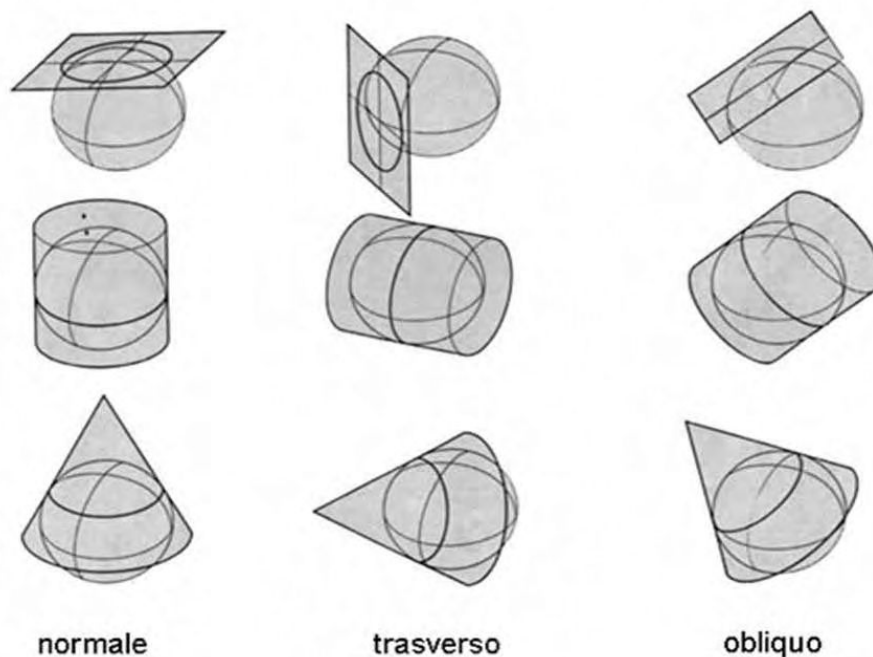


Figura 2.23 - Reticolo di proiezione normale, trasverso, obliquo

2.5.6 Sistemi di riferimento

Un sistema di riferimento geodetico⁵⁸ è dato dall'insieme di misure e regole che concorrono alla definizione della localizzazione in spazio e tempo di punti sulla superficie terrestre, indipendentemente dal sistema di coordinate⁵⁹ adottate.

I sistemi di riferimento sono stati costruiti, adattati e perfezionati nel tempo alla continua ricerca di poter rappresentare porzioni di superficie terrestre nel modo il più vicino possibile alla realtà.

Poiché la Terra non è una sfera perfetta (Capitolo 2, paragrafo 5.2), è necessario usare per essa una rappresentazione geometrica che sia in grado di modellare la sua forma e soprattutto che sia rappresentabile matematicamente e geometricamente: la forma geometrica tridimensionale più consona a questo tipo di utilizzo si è rivelata essere l'ellissoide di riferimento⁶⁰.

La proiezione o rappresentazione cartografica di una zona terrestre è il risultato dell'aver stabilito una corrispondenza biunivoca tra ognuno dei punti dell'ellissoide di riferimento scelto e il piano della carta (Capitolo 2, paragrafo 5.2).

⁵⁸ Viene individuato definendo le dimensioni geometriche di un ellissoide; il suo punto di emanazione; il suo orientamento.

⁵⁹ Ad un sistema di riferimento si associa un sistema di coordinate: ad esempio UTM - WGS84 significa sistema di coordinate UTM (Universal Traverse Mercator) e sistema di riferimento geodetico (datum) WGS84.

⁶⁰ La superficie ellissodica o di riferimento è una espressione matematica in grado di modellare la superficie della Terra: è talmente vicina all'essere sferica che può essere chiamata sferoide.

L'esigenza di fare *aderire* il più possibile la superficie ellissodica con il geoide di riferimento ha fatto sì che sono stati utilizzati diversi ellissoidi e quindi diversi datum⁶¹ (Capitolo 2, paragrafo 5.2) per diverse porzioni di superficie terrestre. Nel tempo si sono venuti dunque a creare vari ellissoidi di riferimento che aderiscono meglio alle zone, ad esempio, del Nord America, ellissoidi di riferimento che aderiscono meglio alla zona europea, e così via.

Si ricorda che il datum, come si può vedere dalla figura 2.24, è il punto di emanazione⁶² dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

Nel tempo, poi, è accaduto che anche nell'ambito dello stesso continente varie nazioni abbiano adottato un proprio datum ed un proprio ellissoide di riferimento sempre allo scopo di far coincidere il più possibile geoide ed ellissoide.

Nella tabella riportata nella figura 2.25 vengono elencati i principali ellissoidi di riferimento attualmente adottati.

I diversi ellissoidi di riferimento hanno definito, come già illustrato, un loro punto di emanazione, il datum: nella tabella della figura 2.26, ad esempio, vengono elencati i sistemi di riferimento geodetici adottati in Italia.

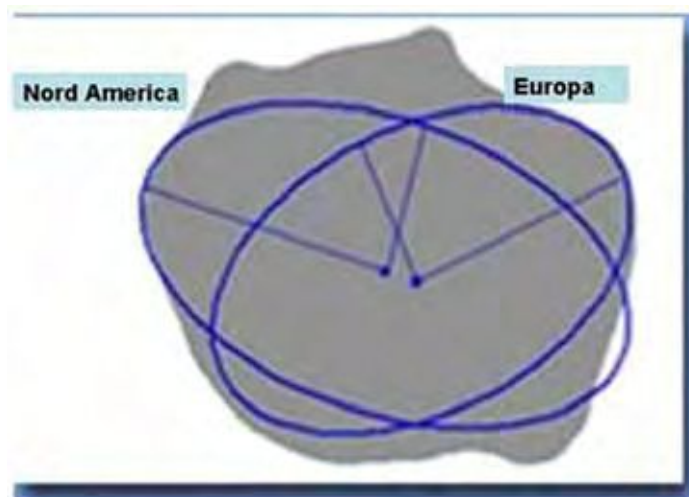


Figura 2.24 - Datum

⁶¹ È il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

⁶² O datum.

Ellissoide ed anno	Semiassse maggiore	Schiacciamento
Airy 1830	6,377,563	1/299.33
Everest 1830	6,377,276.3	1/300.80
Bessel 1841	6,377,397.2	1/299.15
Clarke 1866	6,378,206.4	1/294.98
Clarke 1880	6,378,249.2	1/293.47
International 1924	6,378,388	1/297
Krasovsky 1940	6,378,245	1/298.3
International Astronomical Union 1968	6,378,160	1/298.25
WGS 72 (1972)	6,378,135	1/298.26
GRS 80 (1980)	6,378,137	1/298.26
WGS 84 (1984)	6,378,137	1/298.25722

Figura 2.25 - Principali ellissoidi di riferimento

Denominazione	Ellissoide	Centro di emanazione
Sistema geodetico nazionale Roma Before 40	Bessel	Genova Istituto Idrografico della Marina (ex Osservatorio Astronomico) ed altri
Sistema geodetico nazionale (Roma 40)	Internazionale	Roma Osservatorio Astronomico Monte Mario
European Datum 50 (Ed 50)	Internazionale	Postdam Orientamento Medio Europeo
World Geodetic System 84 (WGS 84)	GRS	Coincidenza dei centri ellissoide e geoide

Figura 2.26 - Principali sistemi di riferimento geodetici adottati in Italia

L'adozione, nel tempo, di diversi datum, agganciati magari allo stesso ellissoide di riferimento, ha ad un certo punto persino provocato la circostanza per cui Stati confinanti tra loro presentavano incongruità nei valori delle coordinate di elementi geografici posti lungo il comune confine. Si è passati allora alla creazione di ellissoidi per grandi regioni geografiche come Nord America, Europa, ognuna adottante un suo ellissoide di riferimento, come si evince dalla tabella della figura 2.27 che elenca i diversi datum con la principale area geografica in cui essi vengono utilizzati.

Con il tempo e anche con l'avanzare delle moderne tecnologie (rilievi geodetici da satellite) si è comunque avvertita la necessità di adottare un unico sistema di riferimento geodetico su scala mondiale: il World Geodetic System (WGS) che è basato su un ellissoide di riferimento calcolato, oltre che con i tradizionali rilievi geodetici, con accurate misure gravimetriche ottenute dalle perturbazioni dei moti orbitali dei satelliti artificiali.

Datum, ellissoide di riferimento, tipo di proiezione, meridiani fondamentali e paralleli determinano un sistema di riferimento geodetico. Le coordinate, riferite ad uno dei sistemi elencati nel Capitolo 2, paragrafo 5.3, possono essere a loro volta geografiche (gradi sessagesimali) oppure piane espresse in metri e riferite a determinati fusi di riferimento. Il passaggio da un sistema di coordinate ad un altro nell'ambito dello stesso datum è relativamente facile mentre non lo è dovendo passare da un sistema di riferimento ad un altro di datum diverso⁶³.

Datums e loro principale area di utilizzo

Datum	Area	Punto di emanazione	Ellissoide
WGS 1984	Global	Earth center of mass	WGS 84
NAD 1983	North America, Caribbean	Earth center of mass	GRS 80
NAD 1927	North America	Meades Ranch	Clarke 1866
European 1950	Europe, Middle East, North Africa	Potsdam	International

Figura 2.27 - Datums e rispettive aree geografiche

⁶³ È il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

Cambiando il tipo di proiezione e/o rappresentazione, ad esempio da Lambert⁶⁴ a Mercatore⁶⁵, lasciando però inalterato il sistema di riferimento, ad esempio ED50⁶⁶, le coordinate geografiche di un punto non subiscono variazioni. Si ha invece una variazione sensibile nei valori delle coordinate cambiando ad esempio il sistema da ED50 a WGS84⁶⁷ (figura 2.28).

È per questo che le coordinate di un punto sulla Terra sono differenti se ci si riferisce a sistemi di riferimento differenti.

Per illustrare questo effetto si osservino nella figura 2.29 le posizioni di un punto in vari sistemi di riferimento geodetici. Lo *shift* nella posizione di un punto sulla superficie terrestre è dovuto all'adozione di diversi sistemi geodetici di riferimento (datum)⁶⁸.

Un sistema di riferimento è dunque definito, come abbiamo visto, da diversi elementi come la definizione di sistema di proiezione, di datum e di ellissoide di riferimento, sistema di coordinate scelto che risulti anche il più utile al tipo di rappresentazione.

Coordinate di Monte Mario nei diversi sistemi di riferimento

Datum	Latitudine	Longitudine
Roma before 40	41° 55' 24,399"	0° = 12° 27 ' 06,840" da Greenwich
Roma 40	41° 55' 25,510"	0° = 12° 27 ' 08,400" da Greenwich
Ed 50	41° 55' 31,487"	0° = 12° 27 ' 08,933" da Greenwich

Figura 2.28 - Variazioni delle coordinate Monte Mario (Roma)

⁶⁴ Tipo di coordinate geografiche.

⁶⁵ Fiammingo Gerardo da Cremer (Rupelmonde, 1512-Duisburg, 1594), latinizzato Mercator, onde Mercatore. Ha ideato la rappresentazione cilindrica conforme o rappresentazione cilindrica diretta di Mercatore che si ottiene per proiezione dei punti dell'ellissoide dal suo centro su un cilindro ad esso tangente lungo l'equatore. Meridiani e paralleli sono rappresentati sulla carta da rette perpendicolari.

⁶⁶ Sistema di riferimento geodetico ancora molto usato in Italia.

⁶⁷ Sistema di riferimento geodetico mondiale.

⁶⁸ È il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

Quando in un GIS vengono messi insieme ed integrati diversi dati, i vari temi devono condividere la stessa proiezione, lo stesso datum ed ellissoide di riferimento per assicurare che tutte le caratteristiche, dei vari strati tematici prodotti dal GIS, siano allineate tra loro. È molto importante sapere quale datum è stato utilizzato per realizzare una mappa o una cartografia di riferimento, perché le coordinate di un punto, di un luogo, di un oggetto sulla superficie terrestre, per un certo datum, non corrisponderanno alle coordinate per quello stesso punto prodotte con un altro datum.

Le moderne tecnologie GIS sono attualmente dotate di software di conversione delle coordinate da un sistema di riferimento ad un altro.

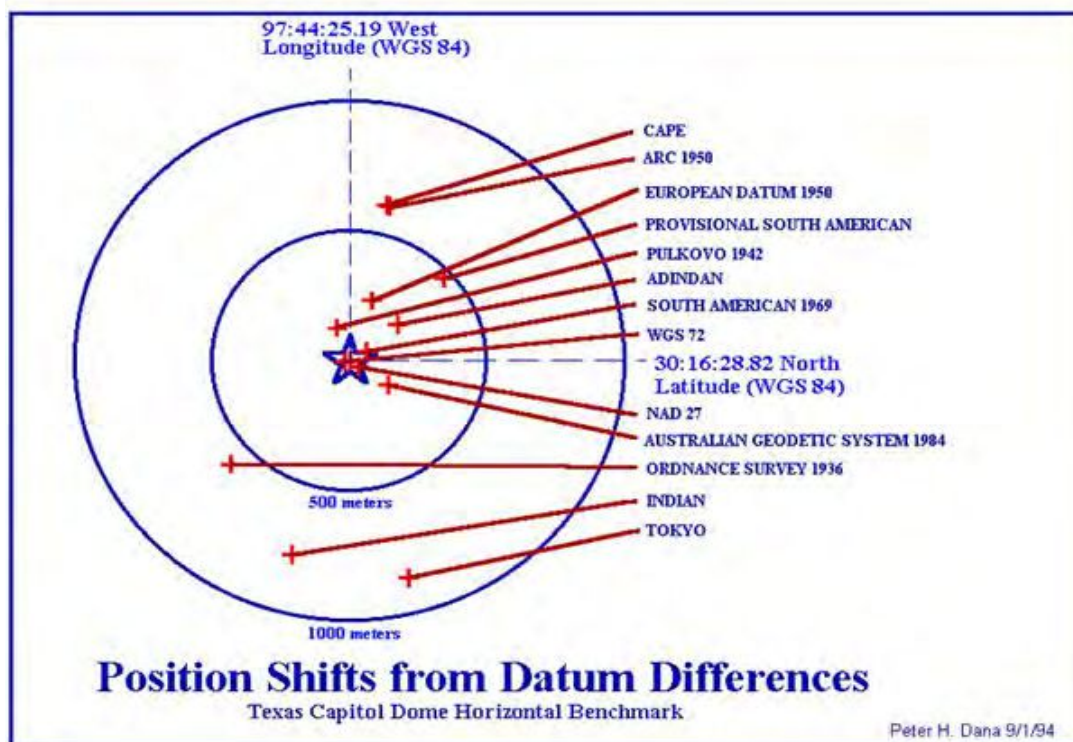


Figura 2.29 - Shift nella posizione di un punto dovuto ai diversi sistemi geodetici

(http://geomatica.como.polimi.it/corsi/cartografialaurea/introduzioneallacartografia/cennistorici_storiamoderna.htm)

3. IL MODELLO DEI DATI

Come è stato, in più occasioni, menzionato uno degli aspetti fondamentali di un GIS è quello che riguarda il corredo dei dati necessari alla realizzazione del GIS stesso, dati, la cui natura, affidabilità, formato ecc., condizioneranno fortemente le risposte del sistema GIS che si sta costruendo.

La rappresentazione dei dati spaziali e territoriali in un GIS, come già evidenziato nel Capitolo 2, è soggetta a regole imposte sia dai sistemi di proiezione sia dai sistemi di riferimento. L'archiviazione vera e propria dei dati, all'interno di un GIS, una volta definiti tali sistemi, avviene attraverso l'utilizzo dei due modelli di dati per eccellenza che sono: i dati vettoriali e i dati raster.

In questo Capitolo sarà brevemente trattato il modello dei dati orientato ad oggetti che costituisce un ottimo strumento di gestione dell'informazione geografica all'interno di un GIS di ultima generazione.

3.1 Il modello vettoriale dei dati

La realizzazione di un GIS prevede la costruzione di un data base geografico. All'interno di un data base geografico sono collezionati i dati relativi agli elementi georeferenziati, che costituiscono la parte fondamentale del GIS stesso, e che, per essere usabili in diverse applicazioni, vengono organizzati in modo da rispondere a determinate caratteristiche standard.

Per poter essere gestiti al meglio dai diversi software GIS, i dati spaziali sono memorizzati in un data base geografico secondo due modelli di rappresentazione: il modello vettoriale⁶⁹ e il modello raster⁷⁰.

Il modello vettoriale dei dati prevede che il sistema di archiviazione degli oggetti grafici, nel data base geografico, sia realizzato in base a vettori. Tali vettori vengono costruiti usando le coordinate cartesiane, la direzione e il verso dei punti che compongono il vettore stesso come mostrato in figura 3.1.

Il modello vettoriale dei dati prevede la memorizzazione, nella memoria di massa di un computer o, per meglio dire, in un data base geografico, degli oggetti geometrici come punti, linee, poligoni, che sono gli elementi fondamentali del GIS, attraverso l'utilizzo delle coordinate dei punti che costituiscono tali oggetti geometrici. Ad esempio un punto è memorizzato come una coppia di coordinate x, y , una linea è memorizzata come una serie ordinata di coordinate x, y , un'area è memorizzata come una serie ordinata di coordinate che definiscono i segmenti perimetrali della figura chiusa. Dunque l'elemento fortemente caratterizzante dei dati vettoriali è che essi sono memorizzati come una lista di coordinate (figura 3.2).

⁶⁹ Molti aspetti del mondo reale possono essere rappresentati utilizzando punti, linee e poligoni. Questo tipo di rappresentazione viene generalmente indicato come il modello vettoriale del mondo. I modelli vettoriali sono particolarmente utili per rappresentare e memorizzare oggetti discreti come edifici, strade, particelle catastali, laghi, punti di misura di inquinanti ecc.

⁷⁰ Tipo di dati formati da un insieme di celle (pixel) ordinate secondo linee e colonne tali da costituire una matrice. I valori associati ad ogni cella esprimono informazioni sia di tipo grafico (colore, toni di grigio ecc.) che descrittivo (temperatura della superficie del mare ecc.).

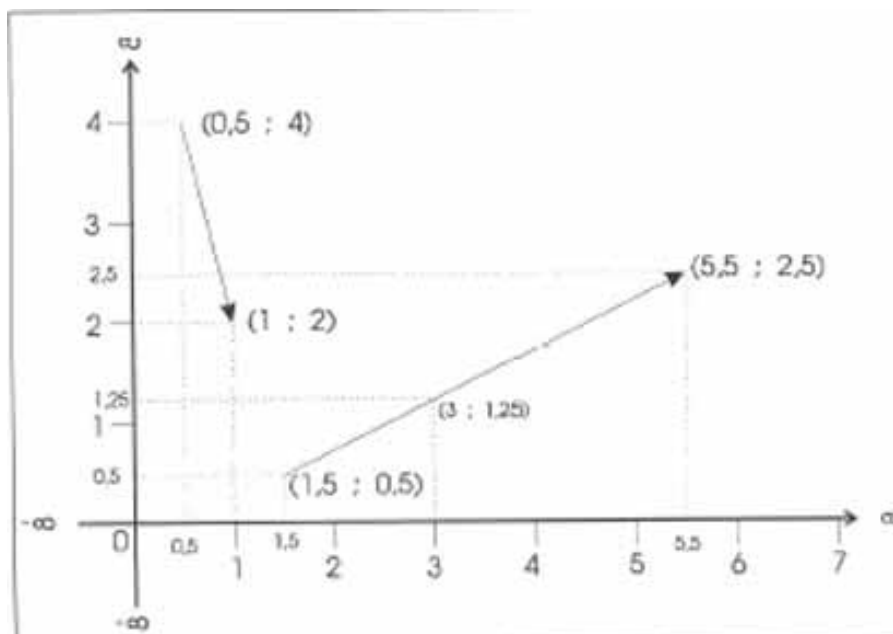


Figura 3.1 - Asse cartesiano con coordinate dei punti iniziali e finali del vettore

Rappresentazione grafica		Rappresentazione digitale	
Punto	• × + △ ○	Coppia di coordinate x,y (2D) x,y,z (3D)	
Linea	~~~~ ~~~~ - - - -	Sequenza di coppie di coordinate x,y	
Area		Sequenza di coppie di coordinate x,y, in cui il primo punto presenta la stessa coppia di coordinate dell'ultimo	
Superficie		Matrice di punti di coordinate x,y	
Volume		Insieme di matrici (superfici) di punti di coordinate x,y	

Figura 3.2 - Memorizzazione dell'oggetto geografico nella rappresentazione vettoriale

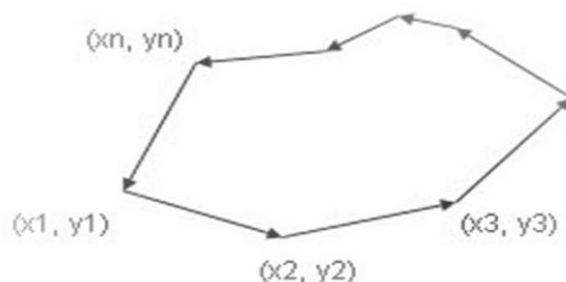


Figura 3.3 - Esempio di oggetto vettoriale poligonale

Per quanto appena definito, quindi, un sistema vettoriale visualizza i dati grafici, sulla mappa tematica di un GIS, come punti, linee, poligoni, con attributi (figura 3.3).

Un'ulteriore caratteristica dei sistemi vettoriali è che essi presentano un'alta risoluzione. Un altro aspetto che distingue i sistemi di rappresentazione vettoriale, rispetto a quelli raster, è che essi richiedono meno spazio di memoria e le relazioni topologiche, che costituiscono l'essenza dell'informazione vettoriale, sono mantenute con maggiore facilità rispetto ai dati raster.

Il modello dei dati vettoriale si è rivelato particolarmente valido per rappresentare e memorizzare sulla memoria di massa di un computer elementi discreti come particelle catastali, laghi, strade, confini comunali, edifici, fermate di autobus ecc.

Il modello dei dati raster è particolarmente adatto per la memorizzazione di dati di tipo continuo, come gli andamenti altimetrici delle superfici (modello digitale del terreno), pendenze, esposizioni dei versanti ecc.

Esempi di dati vettoriali sono le strade, i fiumi, i confini comunali e statali ecc.. che vengono rappresentati dal GIS tramite le *features*⁷¹ linee; le aree comunali o la superficie di un lago, che vengono rappresentati dal GIS tramite le *features* poligoni; la fermata di un autobus, i punti di misura di dati chimici o fisici nel mare o nell'aria, che vengono rappresentati dal GIS tramite le *features* punti.

La caratteristica principale di un insieme di dati vettoriali è che ciascuno di essi può costituire un tema e quindi uno strato di un GIS che è in grado di contenere *features* appartenenti ad una singola classe. Questo significa che in uno strato GIS si può rappresentare solo un unico tipo di *features* e cioè o solo punti, o linee o aree. Questo a differenza, per esempio, dei temi o degli strati tematici in un sistema CAD (Computer Aided Design). I sistemi CAD sono nati per *disegnare* elementi e oggetti comunque georeferenziati, sia su basi cartografiche che non. In un CAD il singolo elemento rappresentato ovvero disegnato, è per l'appunto il disegno dell'oggetto e quindi, un unico *layer*, può contenere linee, punti, aree. In un GIS, invece, la rappresentazione dei dati, sia che essa sia a linee, o a punti, o ad aree, è sempre e solo unica, perché ognuna delle *features* è sempre accompagnata dalla topologia dell'oggetto che delinea singoli temi come fiumi, confini comunali, aree urbane ecc.

⁷¹ Configurazione, caratteristica geografica come fiumi, laghi, Paesi o città.

3.2 Il modello raster dei dati

Con l'avvento delle moderne tecnologie di acquisizione di immagini da satellite, nonché di ortofoto da aereo, sempre più sofisticate e sempre più alla portata di tutti, si è dovuto sviluppare un modello di dati utile all'immagazzinamento e trattamento di tali immagini digitali, per un loro impiego che si è rivelato assai consistente anche all'interno dei GIS. Il modello dei dati raster è l'altro modello, oltre quello vettoriale, in cui i dati di un GIS vengono memorizzati e trattati.

La trattazione del modello dei dati raster e come essi si collocano nel mondo del remote sensing⁷² meriterebbe da sola un intero corso specializzato: le informazioni sui dati raster fornite in questo paragrafo sono essenziali per capire la loro natura e il loro inserimento e trattamento in un GIS.

3.2.1 Un mondo fatto di pixel

Nella metà degli anni 70, grazie anche alla drastica riduzione dei costi di calcolo, ebbe inizio lo sviluppo di una nuova classe di GIS, i GIS che adottano il modello dei dati raster oltre a quello vettoriale. L'utilizzo dei dati raster in un GIS è principalmente costituito da immagini provenienti da satellite e dalle ortofoto ottenute da tecniche fotografiche da aereo.

Il modello raster dei dati prevede una rappresentazione dei dati a matrice (celle). Pertanto l'immagine che risulterà sarà formata da un insieme di piccole aree uguali ed ordinate secondo linee e colonne. I valori associati ad ogni cella possono esprimere diversi tipi di informazioni di tipo grafico, come colori, toni di grigio ecc...e di tipo descrittivo come temperatura, pendenza, quota ecc..., che assumeranno il loro significato a seconda di quello che si sta rappresentando.

Nella figura 3.4, per fare intendere con maggiore chiarezza come sono rappresentati i dati raster, è mostrata, ingrandita quanto basta, una porzione di territorio dove ai singoli colori dei diversi *pixel*⁷³ è associato l'uso del suolo corrispondente.

⁷² Insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che permettono l'acquisizione a distanza di informazioni qualitative e quantitative su fenomeni o oggetti, senza entrare in contatto con essi.

⁷³ Entità minima per la rappresentazione raster di un'area di una mappa.



Figura 3.4 - Pixel di una rappresentazione raster

In una rappresentazione raster l'area della mappa è una griglia di celle (una matrice bidimensionale) formata dall'entità minima detta *pixel*. In questo senso ogni cella non può fornire informazioni a risoluzioni maggiori (più precise) della singola cella. Una mappa raster fornisce dunque un valore, come ad esempio uso del suolo, quota di un terreno, pendenza di un terreno ecc., per ogni cella.

Il modello raster dei dati, nel caso bidimensionale, come ad esempio la distribuzione del valore della salinità della superficie del Mare Mediterraneo (figura 3.5), proveniente dalla interpretazione ed elaborazione di dati presi da satellite, descrive il fenomeno discretizzandolo in piccole aree rettangolari – i *pixel* – e archiviando le caratteristiche fisiche (la salinità dell'acqua) di ogni pixel.

Un altro efficace esempio di rappresentazione raster dei dati ottenuti dall'elaborazione da satellite è quello mostrato in figura 3.6 dove è riportata la temperatura delle acque superficiali della Laguna di Venezia e dintorni.

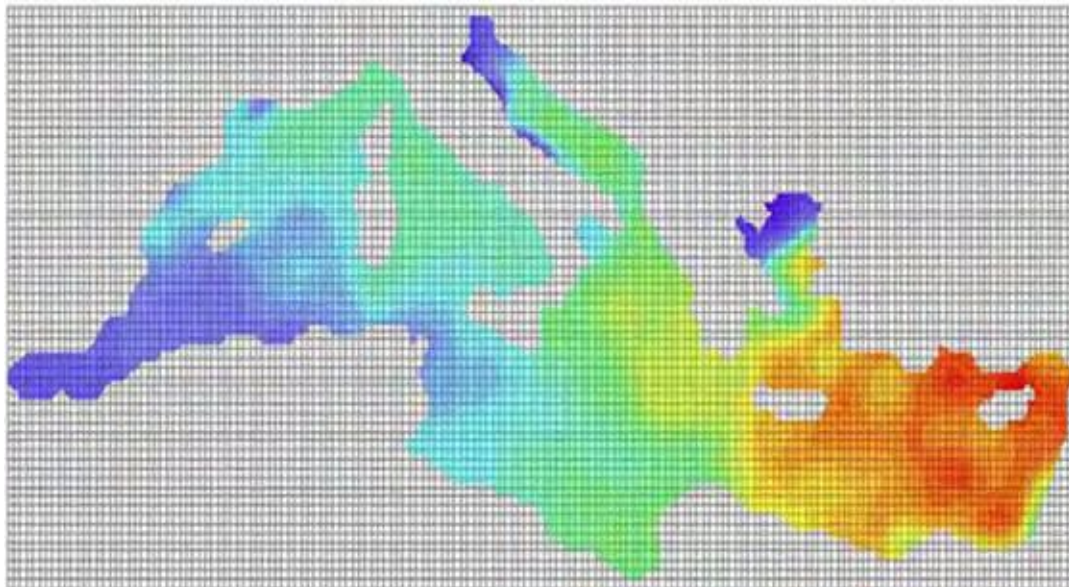


Figura 3.5 - Elaborazione della distribuzione della salinità delle acque superficiali del Mare Mediterraneo

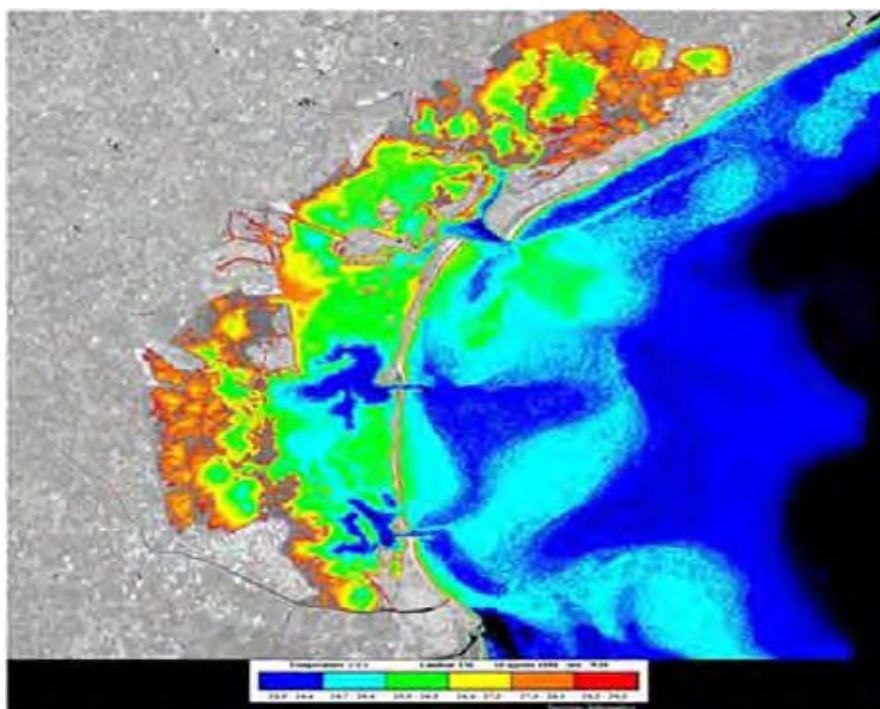


Figura 3.6 - Elaborazione della distribuzione della temperatura delle acque superficiali della Laguna di Venezia e dintorni

La caratteristica dei dati raster è che essi non sono individuati da una serie di coordinate, come per le linee e le aree del modello dei dati vettoriali, bensì vengono descritti da una entità detta *pixel*, la grandezza del quale definisce la risoluzione dell'immagine che si sta trattando all'interno di un GIS. Un maggior numero di *pixel* di minore area significa più precisione nella raffigurazione dell'immagine, ma anche più occupazione di memoria di massa all'interno di un computer; un minor numero di *pixel* di maggiore area significa meno precisione nell'accuratezza dell'immagine e quindi del dato ed anche meno occupazione della memoria di un computer.

Una stessa area da indagare (area verde della figura 3.7) può essere rappresentata con una immagine formata da più *pixel*, fatto che si traduce, in termini pratici, ad avere suddiviso tale area in un numero più o meno fitto di rettangoli (*pixel*) per ciascuno dei quali si avrà un valore corrispondente al dato (grandezza fisico-chimica, temperatura delle acque superficiali, altezza sul livello del mare ecc...) misurato per quella porzione di territorio.

Fattori fortemente caratterizzanti dei dati raster sono dunque la risoluzione, di cui abbiamo appena parlato, la compressione, e la registrazione. L'immagazzinamento dei dati raster nella memoria di un computer, come già menzionato, risulta essere pesante dal punto di vista della occupazione di memoria per cui i dati raster sono, praticamente in tutti i casi, soggetti a tecniche di compressione.

Per registrazione di una immagine raster si intende una combinazione di tecniche necessarie per georeferenziare e *raddrizzare* le distorsioni insite nelle immagini raster. Infatti per le foto aeree, come per le immagini da satellite, è necessario far coincidere le coordinate dei punti noti a terra con quelle degli oggetti presenti nella immagine che devono anche essere ortogonalizzate per tenere conto dell'angolo con cui sono state acquisite: ecco perché le foto aeree ad esempio si chiamano ortofoto⁷⁴.

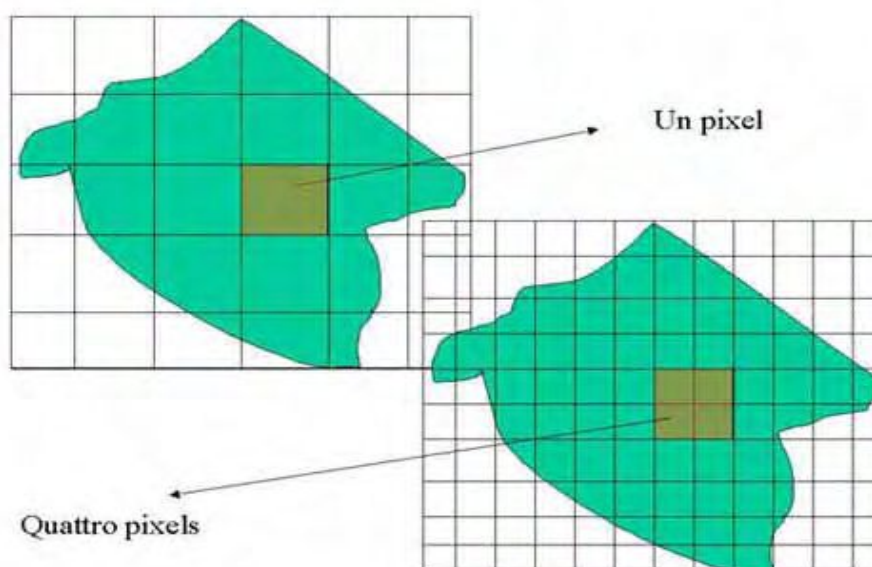


Figura 3.7 - Pixel

⁷⁴ Foto prese generalmente da aereo o da satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

Il modello vettoriale dei dati, trattato nel Capitolo 3 paragrafo 1, è estremamente utile per descrivere fenomeni discreti, ma risulta meno adatto per descrivere fenomeni continui, quali temperatura di superfici come quella del mare, distribuzione delle precipitazioni in una certa area, quote, pendenze, cioè fenomeni che sono rappresentati da un'unica grandezza che varia continuamente nello spazio. Il modello raster dunque trova la sua applicazione principale in ambiti connessi all'analisi di fenomeni naturali, quali la geofisica, la modellizzazione atmosferica ed ambientale, e deve gran parte del suo successo allo sviluppo delle moderne tecniche di ripresa di foto sia da satellite che da aereo (ortofoto). Il modello raster dei dati è stato sviluppato proprio per descrivere tali fenomeni.

Entrambi i modelli per la memorizzazione di dati geografici hanno vantaggi e svantaggi. I moderni strumenti GIS sono in grado di gestire sia il modello vettoriale dei dati sia il modello raster. Nella figura 3.8, qui di seguito riportata, viene mostrato un esempio di quanto detto: su una base raster costituita dalla foto aerea (ortofoto) di una porzione di territorio, è possibile sovrapporre alcuni strati di dati vettoriali (*layers*) rappresentanti tematismi diversi come strade, fiumi, confini di centri abitati ecc.



Figura 3.8 - Esempio di sovrapposizione di dati raster (ortofoto) con dati vettoriali (strade principali, fiumi)

3.2.2 Remote sensing

Sotto il nome di remote sensing vengono raccolte tutte quelle discipline e tecnologie che trattano l'acquisizione di dati ed immagini provenienti da satellite. Non è compito di questo libro trattare l'assai vasto e complesso argomento del remote sensing. Tuttavia è intenzione dell'autore avvicinare il lettore, per quanto ciò sia possibile data la semplicità della trattazione, al mondo delle immagini e dei dati provenienti da satellite, a come essi

possono essere integrati in un GIS ed utilizzati per scopi assai diversi tra loro: dal monitoraggio dell'uso del suolo di aree più o meno vaste o di interi stati (scopi socio-economici) alla misura dei parametri chimico-fisici delle acque degli oceani (scopi scientifici).

I dati provenienti da satellite possono essere di diversa natura a seconda del sensore⁷⁵ con cui il satellite stesso è equipaggiato: il sensore determina quindi quale tipo di dati si stanno *fotografando*.

I diversi sensori posti a corredo dei satelliti hanno il compito di monitorare la terra in ogni suo aspetto e sono in grado di fornire complesse serie di dati specializzati che possono andare, ad esempio, dalla foto di una città, all'immagine della distribuzione della temperatura della superficie del Mare Mediterraneo, alla misura del CO₂ rilasciato in atmosfera ecc...

L'uso delle immagini da satellite, e più in generale delle ortoimmagini⁷⁶, prese da campagne di misura effettuate con voli aerei, per un sempre più stretto controllo del territorio, si è rivelato assai utile in tutti quegli ambiti legati alla pianificazione territoriale, allo studio di analisi ambientale e anche alla definizione di situazioni di previsione.

Le moderne tecnologie di remote sensing combinate con le funzioni offerte dai GIS offrono un potentissimo strumento atto alla risoluzione di problemi socio-economici ecc.

Il satellite ruota intorno alla Terra secondo un'orbita prestabilita. Quindi ad intervalli di tempo regolari si troverà a passare sulla stessa porzione di superficie terrestre. Questo implica che i dati vengono acquisiti ed elaborati con la stessa metodologia per le stesse aree, per poi essere integrati e correlati con la più usuale informazione geografica vettoriale in un GIS.

Dalla periodicità temporale con cui il satellite fotografa, per esempio, dati di natura socio-economica, come distribuzione di aree urbane, aree industriali, superfici agricole, porzioni di territorio incendiate e/o abbandonate, di una zona o di uno Stato, e dati scientifici come temperatura al suolo, in atmosfera, temperatura delle acque di fiumi ecc..., è possibile fare analisi multi temporali e comparative sulle stesse aree a tempi differenti. È possibile così sapere se le percentuali di territorio, destinate ad un certo uso del suolo, di una determinata area è cambiato nel tempo, e tramite le serie temporali dei dati satellitari, quante volte è cambiato, se ha subito incendi, se ha subito una troppo aggressiva urbanizzazione, se è stato oggetto di fenomeni di inquinamento e così via.

3.3 Il modello tridimensionale dei dati

Una trattazione completa sul modello dei dati in un GIS, deve necessariamente contenere una, se pur breve, trattazione sulla modellazione tridimensionale dei dati.

Il modello dei dati in un GIS prevede anche la gestione di oggetti tridimensionali, di oggetti, cioè, aventi la terza coordinata reale, e non, come verrebbe comunemente da pensare, l'attributo altezza.

⁷⁵ Qualsiasi dispositivo che raccoglie l'energia elettromagnetica proveniente dalla scena e la converte in un segnale elettrico che porta informazioni relative alla scena stessa.

⁷⁶ Immagini della superficie terrestre ottenute da aereo e/o satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.



Figura 3.9 - Il modello TIN

Il modo in cui i dati tridimensionali vengono trattati in un GIS dipende dalla loro natura. Un insieme di elementi geometrici quotati disposti discretamente, ovvero non distribuiti ordinatamente secondo una griglia, su una superficie, (un palazzo è un parallelepipedo ed ha una altezza), fanno parte di un modello tridimensionale generalmente generato da un algoritmo TIN (Triangulated Irregular Network) che costruisce una rete di triangoli i cui vertici sono costituiti dai punti di cui si conoscono le tre coordinate (x, y, z).

Il modello dei dati TIN, è particolarmente efficace per memorizzare ed analizzare superfici quotate che, come mostrato in figura 3.9, vengono rappresentate come una rete di triangoli irregolari con i vertici, di coordinate x, y, z, condivisi.

Attraverso un tale modello dei dati porzioni di territorio, che presentano forti variazioni di quota, vengono accuratamente modellate con un'occupazione della memoria di massa in un calcolatore minore rispetto all'occupazione che si avrebbe usando un modello di dati raster. Questo perché il modello TIN prevede un uso di molti punti per descrivere porzioni di superfici fortemente variabili, permettendo viceversa l'uso di pochi o pochissimi punti per le porzioni di territorio ad andamento costante.

Le funzionalità dei software di gestione di dati in tre dimensioni (3D) all'interno di un GIS includono il supporto per i dati generati dalla metodologia TIN, più la geometria vettoriale 3D che permette la realizzazione di viste interattive prospettiche e la creazione di realistiche visualizzazioni tridimensionali come mostrato nella figura 3.10.



Figura 3.10 - Vista in 3D di oggetti tridimensionali in un GIS

Un insieme di punti quotati ordinati in griglie di passo regolare costituisce il modello dei dati detto DTM (Digital Terrain Model) o DEM (Digital Elevation Model).

Attraverso i modelli DTM o/e DEM è possibile generare le viste in 3D che, per mezzo dell'utilizzo delle curve di livello, offrono un'efficace visione della orografia del terreno, così come possono generare profili longitudinali, effettuare analisi di esposizione, pendenze ecc. Ma soprattutto questi modelli sono in grado di fornire misurazioni reali sul terreno, che tengono conto cioè dell'altimetria. Uno degli esempi più immediati per capire l'utilità di un tale mezzo di rappresentazione sta nel fatto che, tenere conto dell'altimetria, fornisce la possibilità di calcolare le distanze reali di un luogo da un altro su una mappa in quanto il percorso, non essendo appiattito (perché tiene conto degli eventuali sali scendi del terreno) fornisce la distanza reale tra i due punti.

Nella figura 3.11 viene mostrato un esempio di applicazione di modello digitale del terreno (DTM): l'andamento batimetrico del fondo del mare.

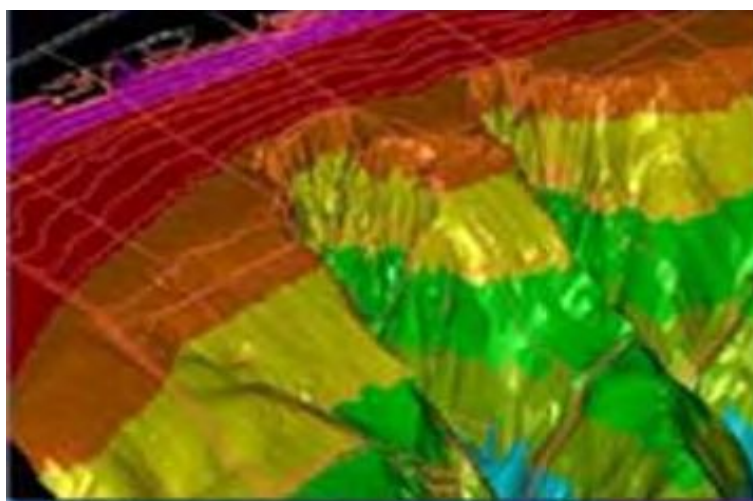


Figura 3.11 - Il modello digitale del fondale del mare

3.4 Che cosa sono le strutture dei dati in un GIS

In questo paragrafo viene affrontato il problema della struttura dei dati geografici e di come essi vengono immagazzinati nella memoria di massa di un computer.

Viene fornita una spiegazione di come i dati geografici sono strutturati per essere capiti ed interpretati da parte del computer. Si propone inoltre una descrizione dei più comuni tipi di *files* che i software GIS specializzati hanno dovuto creare per la gestione di *files* geografici.

3.4.1 Struttura dei dati geografici in un calcolatore

In una trattazione sui GIS non può mancare un approfondimento se pure di breve e semplice profilo, che introduca il lettore all'argomento di come sono strutturati i dati geografici all'interno di un calcolatore.

“Per una persona, una carta è un'immagine composta da una colorita simbologia. Quando vedi una coppia di linee rosse che si incrociano, la tua intuizione grafica dice: “un'intersezione stradale”. Quando due linee blu si congiungono in una sola, pensi: “confluenza di un fiume”. Mentre i tuoi occhi scorrono attraverso una carta dei suoli, facilmente capisci quali unità pedologiche sono tra loro adiacenti. Tali verità sono lampanti. Tuttavia questo non è il caso di una carta computerizzata. Per il computer una carta è semplicemente un insieme organizzato di numeri. Tutte le relazioni tra gli oggetti di una carta devono essere archiviate all'interno dell'insieme di numeri o, altrimenti, il computer non potrà “vedere” la carta. Il termine topologia spaziale⁷⁷ descrive il concetto di questo collegamento e può essere concepito come informazione aggiunta alla pila di coordinate cartografiche” (Joseph K. Berry, 1994).

Per la memoria di massa di un computer una carta geografica è dunque solo un insieme di numeri organizzati in un certo modo. Una carta numerica⁷⁸ è dunque il risultato in cui si traduce un certo modo di archiviare numericamente i dati geografici all'interno di un computer.

Quello che è importante avere chiaro è che il concetto di carta, così come lo si intende tradizionalmente, poco si adatta alla definizione della restituzione grafica dei dati geografici su una mappa in un GIS. Il problema è solo di terminologia perché si continua ad usare normalmente la parola carta aggiungendovi semplicemente il termine *numerica*.

Come già descritto nel paragrafo 1 del Capitolo 3, le entità grafiche utilizzate in un software GIS sono punti e nodi, linee ed archi, poligoni ed aree. Vale la pena a questo punto spiegare come vengono archiviati tali oggetti grafici all'interno della memoria di massa di un calcolatore.

Per rappresentare ogni punto di una linea o vertice di poligono si devono indicare al calcolatore le coordinate x, y, ed anche z nel caso si stia riproducendo una realtà tridimensionale. È altresì necessario indicare l'ordine in cui la serie di coordinate fornite deve essere interpretata dal calcolatore.

⁷⁷ Tutte le relazioni tra gli oggetti di una carta devono essere archiviate come un insieme di numeri organizzati, altrimenti, il computer non potrà vedere la carta. Il termine topologia spaziale descrive il concetto di questo collegamento e può essere concepito come informazione aggiunta all'insieme di coordinate cartografiche.

⁷⁸ È la versione digitale di una carta geografica tradizionale cartacea in cui gli elementi geografici della carta stessa sono memorizzati per mezzo di una serie di *files* su computer.

Un'altra grandezza indispensabile per la trattazione numerica degli oggetti grafici è indicare al calcolatore la natura dell'entità grafica che si vuole trattare. Il tipo di elemento grafico in oggetto non è definito in modo univoco dalla serie di coordinate fornite: va specificato al calcolatore se si tratta di punti, di linee aperte con più segmenti, di linee chiuse come un confine comunale o di una superficie chiusa come la superficie di un lago e quindi in questo caso di poligoni.

Il fatto che in un software GIS i dati siano strutturati secondo gli elementi fondamentali, segmento, superficie, volume, è la condizione che lo distingue da un altro qualsiasi software grafico. Questo modo di concepire gli oggetti grafici viene chiamato struttura topologica⁷⁹.

La topologia, pur essendo un concetto che proviene dalla matematica, si è rivelata particolarmente adatta ed efficace per descrivere gli oggetti grafici in un GIS.

Un oggetto grafico normalmente è descritto dalla sua misura tramite informazioni metriche ma può anche essere definito attraverso informazioni non metriche ovvero attraverso informazioni topologiche. La topologia rende possibile, per mezzo della descrizione topologica degli oggetti grafici su una mappa, la definizione delle relazioni spaziali tra elementi grafici sulla mappa stessa come la connessione tra elementi lineari (l'incrocio tra due strade), la direzione degli elementi lineari, l'adiacenza tra aree, la loro contiguità ecc.

Il fatto che il GIS effettua l'analisi spaziale basandosi sull'utilizzo della topologia, ne fa uno strumento in grado di fornire una serie di funzionalità di analisi geografica avanzate.

La maggior parte dei software GIS organizza dunque i dati geografici utilizzando informazioni topologiche, non metriche, per ordinare i dati grafici nella memoria di un calcolatore.

In ambito ESRI⁸⁰ è possibile memorizzare dati di tipo vettoriale tramite le così dette coperture che, avendo le caratteristiche relative alla loro topologia, memorizzate in una serie di *files* che descrivono la copertura stessa, seguono il modello dei dati topologico e sono particolarmente adatte ad effettuare complesse operazioni di geolaborazione e/o analisi spaziale.

Per la produzione di cartografia e per un'analisi geografica che non richieda funzionalità troppo avanzate, ci sono i più moderni *shapefiles*⁸¹ che costituiscono un formato di dati vettoriali non topologico.

3.4.2 Gestione dei files geografici in un calcolatore

Tutti i software GIS devono essere necessariamente dotati di un modo per comunicare al calcolatore che una determinata linea fa parte, ad esempio, di un poligono e che è in comune ad un altro poligono ecc., come anche che un determinato nodo è il punto iniziale o finale di una linea e che è in comune con un'altra linea, e così via.

⁷⁹ L'insieme delle regole topologiche con cui si relazionano i diversi elementi componenti di un GIS.

⁸⁰ Environmental System Research Institute: casa produttrice del software ArcGIS.

⁸¹ *Files* che contengono dati ed informazioni (attributi) tutti relativi ad uno stesso *shape* come un reticolo fluviale, le aree del territorio italiano adibite a parchi ecc.

Questo meccanismo è reso possibile dal fatto che in un GIS ogni entità grafica è accompagnata da una serie di tabelle di attributi ciascuna delle quali è predisposta a contenere i diversi tipi di informazioni corredo dell'elemento grafico in questione.

Un esempio pratico di quanto detto è fornito dallo *shapefiles* che costituisce il mezzo più semplice per la memorizzazione di elementi geografici in un GIS. Gli *shapefiles* sono in grado di contenere geometrie di una sola tipologia: o solo punti, o solo linee, o solo poligoni, e vengono memorizzati all'interno di un computer in normali *directories*. Ogni *shapefile* è costituito dall'insieme di tre *files*: *confini_comunali.dbf*, *confini_comunali.shp*, *confini_comunali.shx*.

Per ciascun tipo di entità grafica come la fermata di autobus (punto), una strada (linee), un confine comunale (poligono), che si vuole memorizzare in un calcolatore, il software GIS specializzato, in questo caso ArcGIS della ESRI, usa una terna di *files* con lo stesso nome ma con estensione diversa. Questo perché ciascuno di questi *files*, pur riferendosi al medesimo elemento grafico, contiene informazioni di natura diversa. Il file con estensione *.shp* contiene l'informazione vettoriale relativa all'elemento grafico; il file con estensione *.dbf* contiene la tabella degli attributi che possono essere arricchiti da ulteriori dati forniti dall'utente, ed utili per eventuali personalizzazioni del GIS, o semplici aggiornamenti; il file con estensione *.shx* è il file che memorizza la lista degli indici spaziali.

Lo *shapefile* con estensione *.dbf* contiene dunque informazioni sull'elemento grafico geo-referenziato, la natura del quale viene dichiarata, in uno specifico campo del file stesso, dedicato a questo scopo: ad esempio un confine comunale (polygon) come indicato nella tabella degli attributi mostrata in figura 3.12, o le fermate di un autobus (point) come mostrato nella tabella degli attributi di figura 3.13.

Shape	Idat	Conf. com.	Comune	Conf. com.	Conf. reg.	Area (ha)
Polygon	12056035	056	Montalto di Castro	035	12	189739449.209327
Polygon	12056052	056	Tuscania	052	12	208062722.277346
Polygon	12056052	056	Tuscania	052	12	208062722.277346
Polygon	12056037	056	Monte Rossano	037	12	86025122.898442
Polygon	12056046	056	Villa San Giovanni in Tuscia	046	12	5271448.523123
Polygon	12056004	056	Barbarano Romano	004	12	37260091.611794
Polygon	12056041	056	Ortolo Romano	041	12	19202914.908194
Polygon	12056005	056	Bassano Romano	005	12	37619039.922180
Polygon	12056014	056	Capranica	014	12	40584992.412553
Polygon	12056049	056	Sutri	049	12	60386202.580940
Polygon	12056010	056	Calcata	010	12	7670078.068417
Polygon	12056045	056	Ronchiglione	045	12	52243222.454033
Polygon	12056025	056	Faleria	025	12	25686904.429653
Polygon	12056015	056	Capranica	015	12	57999492.745837
Polygon	12056017	056	Castel Sant'Elia	017	12	23971274.921326
Polygon	12056016	056	Carbognano	016	12	16985469.207193
Polygon	12056011	056	Canepina	011	12	20727034.709197
Polygon	12056054	056	Valteramo	054	12	15567471.913248
Polygon	12056024	056	Fabrica di Roma	024	12	34738337.687082
Polygon	12056058	056	Vignanello	058	12	20600920.917726
Polygon	12056023	056	Corchiano	023	12	32874495.257411
Polygon	12056021	056	Civita Castellana	021	12	84011645.651680
Polygon	12056057	056	Vetralla	057	12	114396410.381872
Polygon	12056007	056	Blera	007	12	92983261.963042
Polygon	12056038	056	Montefiascone	038	12	10760477.914608
Polygon	12056092	056	Rignano Romano	092	12	38849575.963602

Figura 3.12 - Confini comunali features polygon

Shape	Area	Perimeter	Mod_32	Mod_32_d	Codice	Sigla	Zona	Coordx	Coordy	Perimetro
Point	0.000	0.000	14	14	3458#F	3458	56004#Z	2265745.000	4671239.500	
Point	0.000	0.000	15	15	3470#F	3470	56004#Z	2263906.250	4670676.500	
Point	0.000	0.000	16	16	3471#F	3471	56004#Z	2263755.000	4671130.000	
Point	0.000	0.000	17	17	3510#F	3510	56057#Z	2279364.000	4688091.000	138
Point	0.000	0.000	18	18	3511#F	3511	56057#Z	2279402.250	4688012.500	78
Point	0.000	0.000	19	19	3512#F	3512	56057#Z	2279458.500	4688009.000	162
Point	0.000	0.000	20	20	3550#F	3550	56005#Z	2292699.500	4658747.000	
Point	0.000	0.000	21	21	3555#F	3555	56005#Z	2291741.250	4655333.500	575
Point	0.000	0.000	22	22	3965#F	3965	56054#Z	2282661.750	4668366.500	724
Point	0.000	0.000	23	23	4220#F	4220	56013#Z	2284329.750	4665641.500	3
Point	0.000	0.000	24	24	4275#F	4275	560162#Z	2282521.500	4670564.500	
Point	0.000	0.000	25	25	4660#F	4660	56041#Z	2283612.500	4671432.500	110
Point	0.000	0.000	26	26	4661#F	4661	56041#Z	2283499.250	4672228.000	313
Point	0.000	0.000	27	27	525#F	525	56004#Z	2279107.000	4681635.000	195
Point	0.000	0.000	28	28	5320#F	5320	56013#Z	2284433.000	4656687.500	443
Point	0.000	0.000	29	29	542#F	542	56041#Z	2283517.250	4674252.500	78
Point	0.000	0.000	30	30	545#F	545	56005#Z	2289055.750	4677982.500	339
Point	0.000	0.000	31	31	555#F	555	56005#Z	2287420.750	4678510.000	1026
Point	0.000	0.000	32	32	5640#F	5640	56054#Z	2281926.750	4660461.500	614
Point	0.000	0.000	33	33	565#F	565	561051#Z	2269656.000	4656669.500	
Point	0.000	0.000	34	34	610#F	610	56007#Z	2274777.250	4684562.000	1289
Point	0.000	0.000	35	35	615#F	615	56007#Z	2274522.500	4683029.500	
Point	0.000	0.000	36	36	620#F	620	56007#Z	2274566.750	4683609.000	1062

Figura 3.13 - Fermate bus extraurbani features point

Punto di forza dei software GIS è che a tali tabelle degli elementi grafici georeferenziati, possono essere aggiunte informazioni, di tipo numerico ed alfanumerico, per mezzo di ulteriori tabelle create normalmente dall'utente stesso, a seconda delle proprie esigenze in un formato Excel, come quella mostrata in figura 3.14.

Nella tabella della figura 3.12 è riportata una tabella di attributi, prodotta con il GIS, dell'elemento grafico georeferenziato, contenente la lista dei Comuni (poligoni) appartenenti ad una Regione italiana con in più informazioni come il codice ISTAT della Regione di appartenenza, l'area del Comune stesso ecc.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	ISTAT	COD_PROV	COMUNE	COD_COM	COD_REG	AREA	AREA_TOT	CAREE
2	12056004	056	Barbarano Romano	004	12	37260091,612	3725,9	39,9
3	12056041	056	Oriolo Romano	041	12	19202914,909	1920,3	57,0
4	12056005	056	Bassano Romano	005	12	37619039,922	3761,9	66,1
5	12056014	056	Capranica	014	12	40584992,413	4059,5	41,8
6	12056057	056	Vetralla	057	12	114396410,382	11438,2	40,7
7	12056007	056	Elera	007	12	92983261,963	9298,2	45,9
8	12058016	058	Canale Monterano	016	12	36925066,394	3692,5	40,7
9	12058054	058	Manziana	054	12	23846954,401	2384,9	50,5
10	12058004	058	Allumiere	004	12	91817231,185	9180,1	38,8
11	12058013	058	Bracciano	013	12	146094620,881	14609,5	48,7
12	12058107	058	Trevignano Romano	107	12	37936177,071	3793,6	32,3
13	12058005	058	Anguillara Sabazia	005	12	72566322,763	7242,2	66,5
14	12058056	056	Vejano	056	12	44265195,977	4426,5	28,8
15	12058105	058	Tolfa	105	12	167873003,178	16754,8	39,5

Figura 3.14 - Tabella Excel prodotta dall'utente contenente le statiche del Land Cover

La presenza, ad esempio, del campo ISTAT, sia nella tabella di figura 3.12 che in quella della figura 3.14, è ciò che rende possibile l'aggancio della tabella Excel prodotta dall'utente (tabella in figura 3.14) a quella dello *shapefile* prodotto dal GIS (tabella in figura 3.12). A questo punto tutti gli attributi contenuti nella tabella utente sono automaticamente georeferenziati e pronti per essere elaborati dal GIS stesso che, per l'esempio citato, produce il risultato mostrato nella copertura tematica in figura 3.15. L'insieme dei dati numerici, organizzati in serie di tabelle, che permettono la memorizzazione degli elementi geografici nella memoria di un computer, implica che il software GIS sia dotato di un proprio database o sia in grado di agganciarsi ad altri software di gestione dati come per esempio Access, Oracle ecc.

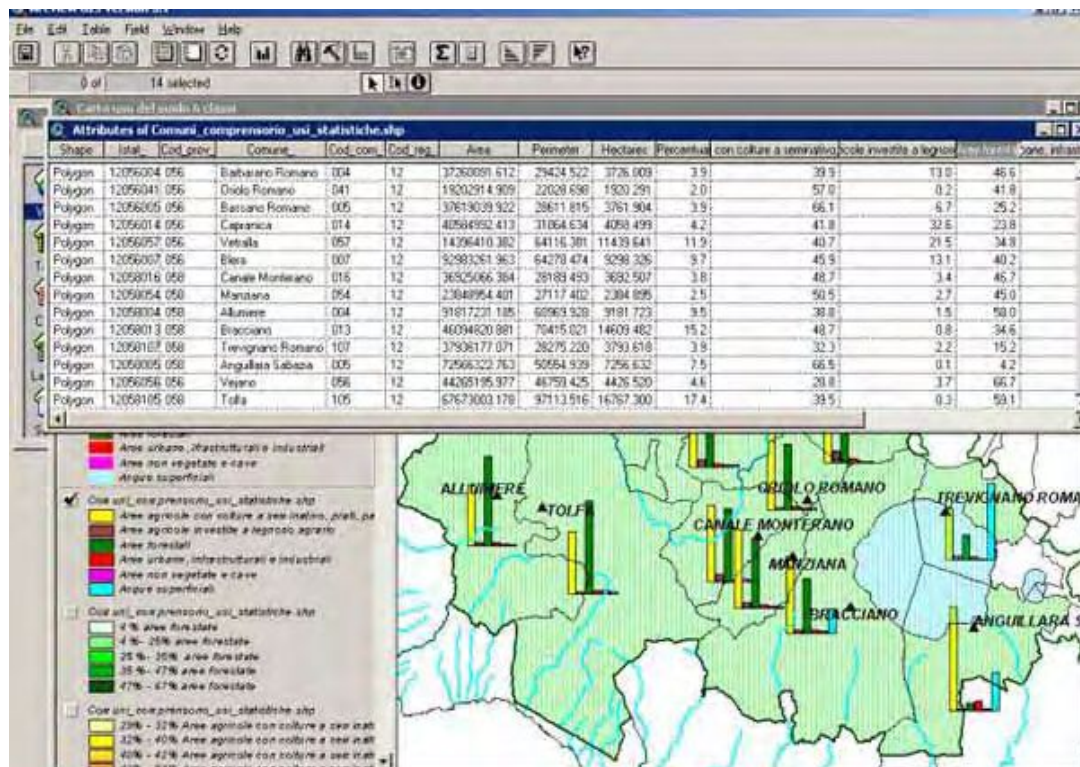


Figura 3.15 - Percentuale di uso del suolo per Comune

3.5 Il modello dei dati orientato agli oggetti: il Geodatabase

Il modello dei dati Geodatabase⁸² è un modello di dati orientato agli oggetti che consente all'utente di lavorare direttamente con entità geografiche. Questo significa che oltre agli oggetti GIS tradizionali, come punti, linee e poligoni, l'utilizzatore del modello Geodatabase si troverà a lavorare con oggetti che sono dirette modellizzazioni della realtà come ad esempio edifici, semafori, particelle catastali, bacini idrografici ecc.

La novità del modello dei dati orientato agli oggetti consiste nella possibilità di trattare l'elemento geografico, non più riconducendolo ad una forma geometrica (shape⁸³) definita da una lista di coordinate geografiche (come per i dati vettoriali), ma come un oggetto unico da georeferenziare e da gestire.

Spesso l'oggetto che si deve trattare ha dimensioni geografiche estese (bacini idrografici) e potrebbe risultare interessante, per alcune applicazioni specifiche, poterlo considerare come un oggetto unico cui è possibile associare modelli di comportamento, proprietà, risposte a sollecitazioni ecc. Quanto appena detto oltre ad agevolare la raccolta e l'integrazione di informazione geografica offre anche l'opportunità di considerare come tali dati possano essere maggiormente integrati nello spazio e possano essere oggetto di complesse analisi spaziali. Infatti ogni *feature*⁸⁴ (oggetto) in un geodatabase contiene l'informazione sulla geometria (shape) e può esistere come una entità spaziale a sé stante al contrario di quello che è stato precedentemente indicato, dove un poligono, per esempio un bacino idrografico, è modellato come un insieme di archi e label point⁸⁵, definiti a loro volta da un insieme di coordinate. La capacità di memorizzare in modo completo la geometria di una entità del mondo reale rende disponibile la *feature* (oggetto) per la visualizzazione o per l'analisi.

Per quanto riguarda la memorizzazione e la modellazione dei dati nel Geodatabase viene comunque seguito il metodo in cui ogni oggetto ed i suoi attributi sono memorizzati in una riga di una tabella.

Nel modello dei dati Geodatabase è stata implementata la topologia poligonale⁸⁶. La presenza della topologia permette ad un software GIS di gestire informazioni su relazioni quali adiacenza⁸⁷, connettività⁸⁸, prossimità⁸⁹, coincidenza⁹⁰. Quindi la topologia è in sostanza uno strumento potente e flessibile con cui è possibile specificare le regole da applicare alla qualità del dato spaziale. Per esempio attraverso questo strumento è possibile verificare se tutti i poligoni che rappresentano particelle catastali sono anelli chiusi oppure hanno sovrapposizioni tra loro, come pure se è ammesso che le linee di una stessa classe informativa si intersechino tra loro ecc.

⁸² È un modello di dati orientato agli oggetti che consente all'utente di lavorare direttamente con entità geografiche.

⁸³ Forma dell'oggetto grafico scelto per la rappresentazione di dati in un GIS: punto, linea, area ecc.

⁸⁴ Configurazione, caratteristica geografica come fiumi, laghi, Paesi o città.

⁸⁵ Etichetta di inizio/fine arco.

⁸⁶ Ogni *feature* (oggetto) in un Geodatabase contiene l'informazione sulla geometria (shape) e può esistere come una entità a sé stante, per questi elementi è stata introdotta la topologia poligonale.

⁸⁷ Condizione per cui alcuni oggetti su una mappa sono vicini ad altri oggetti (una area edificabile è vicina ad un'area a Protezione Speciale, Parco).

⁸⁸ Il link tra diversi oggetti di mappa (gli idranti sono connessi ai tubi dell'acqua).

⁸⁹ Vicinanza di oggetti su una mappa.

⁹⁰ Regola topologica secondo la quale oggetti su una mappa coincidono tra loro.

4. FUNZIONI ED OPERATORI GIS

Il Capitolo 4 spiega il significato di funzione ed operatore GIS intesi come strumenti in grado effettuare interventi sui diversi tipi di dati gestiti dal GIS stesso, caratteristica che distingue il GIS stesso da tutti gli altri tipi di sistemi informativi.

Un GIS è infatti arricchito da una serie di funzioni ed operatori che permettono di eseguire elaborazioni, combinazioni, ed interpretazioni di dati a tutti i livelli, dal più semplice, per i non addetti ai lavori, al più sofisticato per specialisti e GIS manager.

Il Capitolo 4 cercherà di guidare il lettore in tale insieme di funzioni ed operatori fornendo una descrizione qualitativa quanto più possibile completa ed esaustiva, sulle peculiarità e sul significato di certe funzioni ed operatori, evitando di fornire la semplice elencazione delle funzioni e degli operatori GIS che sono già argomento di qualsiasi manuale di software GIS.

4.1 Funzioni GIS

Nei Capitoli 2 e 3 è stato più volte affrontato l'argomento delle caratteristiche dei dati geografici, di come essi vengono rappresentati e agganciati ad un software GIS, di come è possibile collegare a tale software ulteriore informazione attraverso le tabelle degli attributi ecc.

In questo paragrafo viene data una panoramica delle più comuni funzioni che si possono effettuare su tali insiemi di dati così organizzati, all'interno del GIS, per ottenere, attraverso l'applicazione delle funzioni stesse, le informazioni e i tematismi necessari alla risoluzione o almeno alla messa in luce degli obiettivi per cui il GIS stesso è stato ideato.

Le funzioni GIS permettono di compiere una varietà di azioni come identificare gli oggetti grafici sulla mappa, trovare quali locazioni incontrano certi criteri di selezione, analizzare le eventuali relazioni spaziali tra differenti fenomeni e vedere come essi si influenzano gli uni con gli altri ecc.

Le principali funzioni che si possono ritrovare nella quasi totalità dei software GIS sono:

- 1) estrarre informazione sugli oggetti presenti nella mappa;
- 2) trovare oggetti con particolari attributi;
- 3) trovare oggetti vicini ad altri oggetti;
- 4) trovare oggetti che cadono all'interno di poligoni;
- 5) trovare oggetti che intersecano altri oggetti.

Sugli attributi degli elementi selezionati attraverso le suddette funzioni, è possibile effettuare una serie di operazioni dette operatori GIS che sono argomento del paragrafo 4.2 di cui diamo adesso solo una semplice lista:

- o derivare delle statistiche dai dati degli attributi;
- o visualizzare la tabella relativa agli attributi;
- o esportare gli attributi;
- o produrre una mappa che mostra le *features* (oggetti) selezionate;
- o portare le *features* che sono state selezionate in un tema, in un altro.

1) Visualizzare informazione sugli oggetti presenti nella mappa

Questa funzione permette di effettuare una serie di richieste tramite il puntamento di un oggetto sulla mappa per identificarlo, e anche per trovare quali locazioni incontrano certi criteri di selezione; tutto questo per analizzare le relazioni spaziali tra differenti fenomeni, per trovare come e se essi possano influenzarsi gli uni con gli altri ecc.

In dettaglio le funzioni che si possono dunque effettuare sono:

- identificare l'oggetto o gli oggetti sulla mappa;
- selezionare l'oggetto con il mouse;
- aprire la tabella degli attributi associata al tema (*layer*) per ottenere le informazioni circa lo strato informativo selezionato;
- controllare quali e che tipo di attributi, riferiti al tema selezionato, sono presenti nella tabella attributi.

Come mostrato nella figura 4.1 cliccando in corrispondenza del bacino idrografico che si affaccia sul Mare del Nord (area in marrone) si ottengono una serie di informazioni sul bacino stesso, come: nome (del bacino), area, perimetro, nome del fiume principale che lo genera (in questo caso il fiume Reno) e così via.

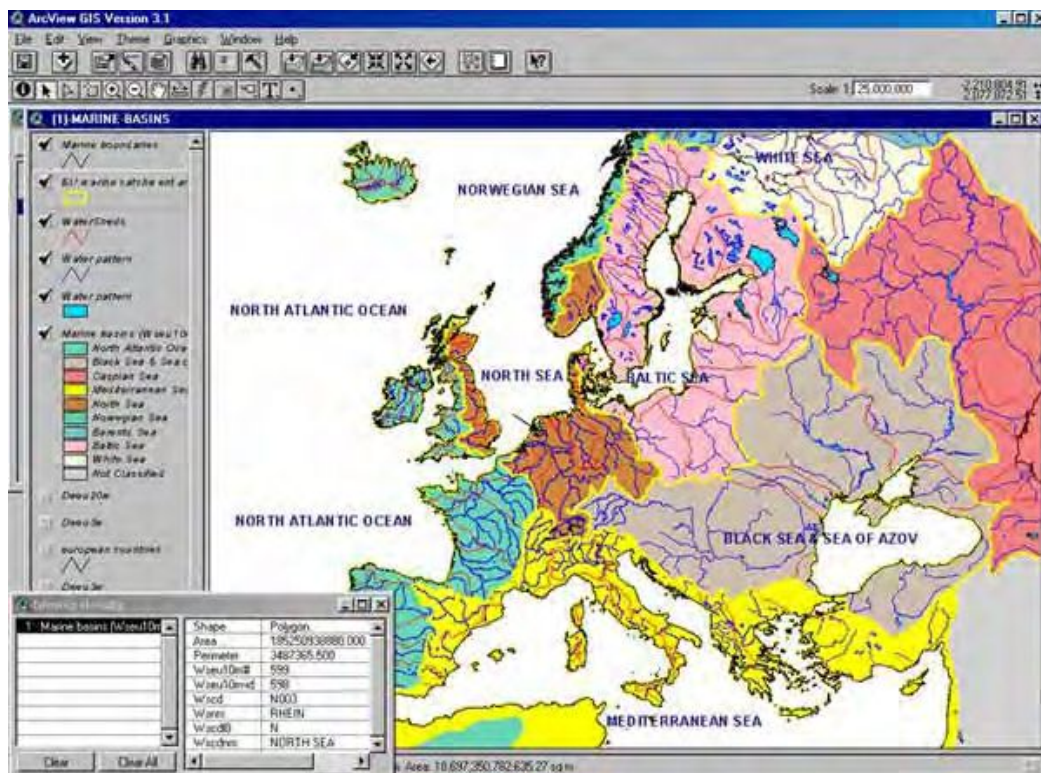


Figura 4.1 - Informazioni sugli oggetti presenti sulla mappa

2) *Trovare oggetti con particolari attributi*

Una volta imparato a selezionare l'oggetto ed a verificarne gli attributi, è possibile estrarre oggetti che abbiano particolari attributi ovvero trovare tutti gli oggetti che hanno in comune quell'attributo ed individuare, ad esempio, dove sono allocati sulla mappa. Per esempio selezionare, dallo strato informativo⁹¹ "Comuni di Italia", tutti quei Comuni che hanno una popolazione maggiore/uguale a 300.000 abitanti.

In dettaglio le funzioni che si possono dunque effettuare sono:

- selezionare oggetti su una mappa in accordo con particolari loro attributi;
- costruire una espressione di query per estrarre gli oggetti che si stanno cercando.

3) *Trovare oggetti vicini ad altri oggetti*

Questa funzione permette di trovare dati basandosi sulla loro caratteristica di essere localizzati in prossimità di altri oggetti, o adiacenti ad altri oggetti, ovvero localizzati entro una specifica distanza da altri oggetti. Quest'ultima funzione è comunemente indicata con il nome di buffering⁹² (vedi paragrafo a parte). Per esempio si potrebbe avere la necessità di individuare una fascia di rispetto larga 500 metri lungo il percorso longitudinale di una linea ferroviaria ad alta velocità. In dettaglio le funzioni che si possono dunque effettuare sono:

- selezionare oggetti con una specifica distanza da un altro particolare punto;
- selezionare oggetti entro una specifica distanza da un altro particolare punto;
- selezionare oggetti adiacenti ad altri oggetti;
- selezionare oggetti vicini ad altri oggetti.

4) *Trovare oggetti che cadono dentro altri oggetti poligonali*

Con questa funzione è possibile trovare quali punti, linee, o poligoni di un tema sono completamente contenuti in un poligono di un altro tema. Per esempio si potrebbe voler trovare quali tipi di fabbricati sono localizzati all'interno di un certo tipo di porzioni di territorio. In dettaglio le funzioni che si possono dunque effettuare sono:

- selezionare oggetti che sono contenuti all'interno di un poligono disegnato sulla mappa dall'utente;
- selezionare oggetti che sono contenuti all'interno di un poligono in un altro tema;
- selezionare oggetti poligonali che contengono particolari oggetti in un altro tema.

Nella figura 4.2 è mostrato un esempio di oggetti poligonali (aree protette, Parchi, laghi ecc.) contenuti entro un altro oggetto poligonale (area in giallo che rappresenta l'area sotto studio). Si possono quindi individuare una serie di aree protette come Parchi, Zona a Protezione Speciale e Siti di Interesse Comunitario tutti ricadenti nella stessa area definita dalla feature polygon.

⁹¹ Lo strato informativo o layer è l'unità base della gestione dei dati in un GIS. Lo strato informativo, in un GIS, può contenere solo un tipo di elemento geografico: linee per una rete stradale, punti per i centroidi delle sedi comunali ecc.

⁹² La procedura di buffering permette di creare fasce di rispetto (elementi lineari), aree di rispetto (elementi poligonali), area di rispetto ad esempio attorno ad un elemento puntuale (sorgente inquinante).



Figura 4.2 - Dislocazione di aree protette entro un'altra area

5) Trovare oggetti che intersecano altri oggetti

Attraverso questa funzione è possibile selezionare dati per trovare oggetti che intersecano altri oggetti a cui essi si sovrappongono.

Per esempio si possono trovare quali strade intersecano fiumi e quante volte la stessa strada interseca lo stesso fiume, se un'area urbana cade completamente in un'area provvista di piano regolatore ecc.

In dettaglio le funzioni che si possono dunque effettuare sono:

- selezionare oggetti intersecati da una linea o da un poligono disegnato dall'utente sulla mappa;
- selezionare oggetti intersecati da tutti gli oggetti di un altro tema;
- selezionare oggetti intersecati da particolari oggetti in un altro tema.

6) Overlay topologico

La più peculiare tra le funzioni offerte dai software GIS resta quella dell'overlay topologico⁹³, che consiste nella possibilità di compiere analisi territoriali per mezzo della semplice sovrapposizione di più strati informativi, come nel caso in cui allo strato informativo *Uso del suolo* si sovrappone lo strato informativo *Confini comunali*: in questo caso si possono conoscere i valori di uso del suolo all'interno della superficie comunale e così via.

⁹³ Procedura di analisi spaziale che consente di sovrapporre e intersecare gli strati informativi (layer) unendo così le informazioni associate a ciascuno di essi, per produrre un nuovo strato di sintesi.

La funzione di overlay topologico oltre a produrre come risultato una sovrapposizione dei diversi livelli informativi per scopi puramente visivi, fornisce uno strumento di sovrapposizione ed di integrazione svolta a livello degli attributi che devono essere riportati da un livello informativo all'altro in corrispondenza dei corrispettivi elementi. Tutto questo è reso possibile da una struttura dei dati topologica.

7) *Buffering*

Un'altra funzione che distingue il GIS da qualsiasi altro strumento di cartografia digitale è il cosiddetto Buffering. La funzione di buffering consente di creare un'area di rispetto intorno agli elementi geografici che fanno parte del data base come possono essere antenne (punti), linee elettriche di alta tensione (linee), edifici industriali (poligoni).

Con la funzione di buffering, inoltre, si possono determinare le zone di non edificazione nelle vicinanze di vie di grande traffico o le zone di rispetto intorno ad aree militari od industriali ecc. Le dimensioni, e quindi il raggio dell'area di rispetto, possono essere definite tramite attributi propri degli elementi bufferizzati. Ad esempio per le strade (elementi lineari) tali attributi possono essere la larghezza o l'intensità di traffico; per le antenne (elementi puntuali) la potenza del segnale emesso, per le zone industriali (elementi areali) il carico inquinante e così via.

8) *La segmentazione dinamica*

Una strada, un fiume, una linea elettrica o ferroviaria sono oggetti che vengono rappresentati all'interno di un GIS con l'elemento geografico linea.

La memorizzazione di questo tipo di elemento (*feature*), come descritto nel Capitolo 3 paragrafo 1, viene effettuata memorizzando una serie di coppie coordinate x,y in un dato sistema di riferimento.

La tecnica della segmentazione dinamica permette di associare particolari attributi a qualsiasi porzione di arco facente parte, ad esempio, dell'intera linea che costituisce una strada: è possibile dunque, tramite questa tecnica, associare informazioni diverse a diverse porzioni dell'intera *feature* linea che descrive una strada senza avere la necessità di spezzare la linea in tanti archi con diversi attributi.

4.2 Operatori GIS

Una volta selezionati gli oggetti (*features*) su una mappa, tramite le funzioni GIS descritte nel paragrafo 1 del Capitolo 4, gli operatori GIS permettono all'utente di poter lavorare con gli oggetti selezionati allo scopo di riuscire a focalizzare meglio gli elementi necessari alla messa a punto della descrizione del problema in studio.

Con il nome di operatori GIS si possono raggruppare una serie di strumenti in grado di operare delle trasformazioni, combinazioni, elaborazioni statistiche, sugli oggetti selezionati con le funzioni descritte nel paragrafo 1 del Capitolo 4.

La semplice rappresentazione su una mappa degli elementi selezionati potrebbe non essere sufficiente a fornire le risposte attese durante lo studio di un problema ambientale o socio-economico; si ravvisa dunque la necessità di poter disporre di operatori in grado di effettuare delle statistiche, di aggregare gli oggetti di un tema con quelli di un altro per sommarne le informazioni ed interpretarle in un modo più efficace per scopi prefissati.

Una delle possibili modalità di aggregazione dei dati può essere resa esplicita con il seguente esempio. Supponiamo di voler conoscere quanti licei ci sono nel Comune di Roma avendo a disposizione lo strato informativo contenente tutti i licei del Lazio (points) e l'area del Comune di Roma (polygon). È possibile, tramite i software GIS, aggregare i dati in modo da ottenere un nuovo strato informativo che contenga solo i licei che cadono nell'area del Comune di Roma.

La figura 4.3 è un altro esempio di aggregazione dei dati secondo una loro caratteristica di appartenenza. Risultano infatti facilmente visibili dalla figura 4.3 i bacini idrografici dei singoli fiumi (perimetro marrone) che vanno a costruire il bacino idrografico del fiume principale (perimetro blu). Tutti i singoli bacini del reticolo hanno nella loro tabella degli attributi (vedi Capitolo 3, paragrafo 4.2) l'informazione di appartenenza al bacino idrografico principale. Questa informazione ci permette di creare lo strato informativo *Unione dei bacini*, quindi di colorare il perimetro dei bacini principali con una linea blu (figura 4.3) e ancora di colorare diversamente le superfici appartenenti ai differenti bacini, rendendo leggibile e facilmente fruibile un tipo di informazione che fino a ieri era solo per gli addetti ai lavori.

Un altro modo di operare sui dati selezionati è quello di aggregarli secondo un attributo comune che presenta lo stesso valore. Supponiamo di operare su uno strato informativo, che rappresenta un'area di territorio, formato da una numerosa serie di piccole aree. È possibile aggregare i numerosi poligoni, che compongono un tale strato informativo, usando l'attributo uso del suolo. Si otterranno così aree continue che hanno lo stesso valore di uso del suolo.



Figura 4.3 - Unione dei bacini idrografici

5. GIS IN INTERNET

5.1 Tecnologie coinvolte nel GIS in Internet

Il grande impulso che in questi ultimi anni hanno subito le tecnologie sia hardware che software legate allo sviluppo delle comunicazioni in rete World Wide Web si è rivelato di grande importanza per le conseguenti ed innumerevoli applicazioni che si sono potute realizzare nel campo del GIS on-line.

Si pensi alla nascita e allo sviluppo dei protocolli di comunicazione tra un computer ed un altro e tra una rete di computer ed un'altra, alle tecniche di indirizzamento necessarie per arrivare a collegarsi proprio a quel computer tra migliaia ecc.

Una delle caratteristiche più interessanti, verrebbe da dire rivoluzionaria, legata alla creazione di internet, è che chiunque si può mettere in rete, chiunque può mettere a disposizione di altri, programmi, libri, *files*, articoli, e oggi anche cartografie tematiche⁹⁴, il tutto reso possibile grazie allo sviluppo delle tecniche di indirizzamento http o ftp ecc., del linguaggio HTML (HyperText Markup Language), un linguaggio di formato speciale in cui debbono essere memorizzati i documenti inseriti su Web e dei software applicativi come plug-in, ActiveX Control (che consente la navigazione libera nelle varie rappresentazioni territoriali), Java applet ecc.. In generale per la messa a punto di un Web GIS si sfrutta l'ormai onnipresente e consolidata architettura client-server che sfrutta sia le capacità di memoria di massa del server sia le sue capacità di calcolo.

Ognuno di noi (client) è ormai abituato, dopo avere digitato un semplice indirizzo URL, a connettersi ed a visualizzare, leggere, copiare ecc. documenti che risiedono su computer (server) dislocati a distanze geografiche anche grandissime.

Nello specifico caso di un GIS su Internet la richiesta è, nel più semplice dei casi, quella di consultare staticamente delle mappe tematiche, che si trovano su un Server GIS remoto, dal nostro computer di ufficio o di casa e di mantenerne una copia in uno dei formati più comuni come file immagine .gif o file immagine .jpg.

5.1.1 Internet GIS lato server

Per motivi di semplicità e chiarezza, la spiegazione di che cosa si intende per Internet GIS è stata suddivisa in due paragrafi distinti: Internet GIS su server, Internet GIS su client.

È ovvio che non può esistere una distinzione così netta tra le due tecniche dato l'ormai elevato numero di *ritrovati* software, come gli ActiveX di Microsoft, o come gli applet Java, o altri ancora che sono in grado di risiedere sia su server sia su client e che consentono, ormai, di operare con varie tecniche di comunicazione miste, permettendo sia lo scambio di informazioni, sia la realizzazione di funzioni di tipo geografico.

La tecnica Internet-GIS *lato server* sposta sul server GIS l'esecuzione della richiesta del client e il compito di generare l'output. In tale architettura software l'utente dal client Web browser (Internet Explorer, Netscape, Firefox,...) attiva una richiesta attraverso la rete al server tramite il protocollo Hypertext Transfer Protocol (http).

⁹⁴ Potente mezzo di comunicazione; permette di rappresentare qualsiasi tipo di dato georeferenziato nel suo risultato geocartografico. Mappa che rappresenta su una carta di base, qualitativamente o quantitativamente fenomeni specifici che costituiscono il tema di una determinata indagine.

Nel caso di internet GIS, il Web browser client non comunica direttamente con il Web browser server: i due software comunicano tramite un ulteriore strato software il Common Gateway Interface⁹⁵ (CGI), sostanzialmente uno script che entra in esecuzione non appena c'è una richiesta di tipo GIS Web, e permette al Web server di eseguire programmi GIS e di interpretare il loro risultato secondo le richieste pervenute dal Web client.

Una volta ottenuto il risultato dello script CGI, attraverso i browser avviene il percorso inverso ed il risultato è visualizzato sullo schermo del client richiedente.

Come si è appena spiegato lo script CGI si fa carico di eseguire tutte le operazioni necessarie per lo scambio di informazioni tra il Web Server ed il GIS server.

Questo approccio è principalmente rivolto a soddisfare richieste di semplici display di mappe e non facilita molto l'interazione diretta da parte dell'utente Internet.

5.1.2 Internet GIS lato client

La tecnica software Internet-GIS lato client prevede che l'analisi e l'elaborazione GIS venga, per quanto possibile, distribuita localmente sul computer client di ufficio o di casa e via Internet sul server dove risiedono le banche dati geografiche e le tematizzazioni realizzate con il GIS. Per poter recuperare un qualsiasi oggetto posto in rete è necessario conoscere: dove è situato, ossia il nome della macchina server, il percorso sull'hard-disk della macchina server, il nome del file e con quale protocollo esso può essere recuperato. Per racchiudere in un unico "indirizzo" tutte queste informazioni è stato creato uno schema denominato URL (Uniform Resource Locator, ossia Individuatore Uniforme di Risorse).

Nel momento in cui, attraverso una specifica URL si produce una richiesta che può essere soddisfatta dal GIS, che risiede sulla macchina server, dichiarato nella URL stessa, automaticamente (se ancora non è installato sulla memoria rigida del nostro computer) compare una finestra di richiesta di download di uno specifico plug in⁹⁶, un piccolo programma, che ci permetterà di visualizzare sul nostro computer client (sprovvisto ad esempio di ArcView) dati tipo shape⁹⁷ e di compiere funzioni tipiche del GIS come overlay topologico di diversi temi (sempre scaricati dal server GIS), buffering, funzioni di pan⁹⁸, zoom, e così via.

In generale in questo tipo di approccio i dati GIS e il software in grado di visualizzarli e di elaborarli risiedono in un server. La richiesta da parte dell'utente client si traduce in una richiesta di dati e di strumenti di elaborazione al server che invia, al client, dati e moduli per una elaborazione locale

I GIS che devono funzionare in Internet sono costruiti in uno specifico ambiente ed in maniera da contenere parti di codice (ad esempio i cosiddetti GIS ActiveX Control) che permettono l'esecuzione di svariate funzioni GIS attraverso il collegamento Web.

⁹⁵ Strato software che è sostanzialmente uno script, costituito da linee di codice, che entra in esecuzione non appena c'è una richiesta di tipo GIS Web.

⁹⁶ Particolare tipo di software per visualizzare sul nostro computer client (sprovvisto ad esempio di ArcView) dati tipo shape e di compiere funzioni tipiche del GIS come overlay topologico di diversi temi (sempre scaricati dal server GIS), buffering, funzioni di pan, zoom e così via.

⁹⁷ Forma dell'oggetto grafico scelto per la rappresentazione di dati in un GIS: punto, linea, area ecc.

⁹⁸ Funzione tipica della quasi totalità dei software GIS che permette spostamenti alto basso, sinistra destra, su una mappa risultato di una elaborazione GIS.

Si devono sviluppare, per esempio con l'uso degli ActiveX, dei bottoni, costruiti tramite pezzi di codice scritto dall'utente, attraverso i quali un utente client compie funzioni GIS come pan, zoom, query,... Il GIS, che risiede sul computer remoto, al quale ci siamo collegati, contiene a sua volta dei GIS control⁹⁹ sviluppati sempre con sezioni di codice basati sulla tecnologia software ActiveX di Microsoft. I GIS control vengono utilizzati per eseguire funzioni di analisi GIS. Quando un utente si connette al sito Web e richiama un documento HTML che contiene riferimenti a GIS control, questi applicativi vengono scaricati dal server al client. Dal computer client è così possibile effettuare visualizzazioni e manipolazioni di dati GIS.

Un altro tipo di applicazione di Internet GIS tra le più recenti è quella che utilizza gli Java applet, cioè applicazioni Java che girano su Web. Quando un utente client si connette, sempre attraverso la tecnica di indirizzamento URL, ad un documento HTML contenente un riferimento ad un applet GIS, tali applet vengono scaricati ed eseguiti sul client: ogni funzione GIS come pan, zoom, query ecc. può essere costituita da un applet.

5.2 Internet GIS

Il GIS in Internet, oltre a costituire un'opportunità di far conoscere le funzionalità dei GIS ad un pubblico sempre più vasto, è uno strumento molto potente per la diffusione di dati e per la condivisione di informazioni legate al territorio.

Il GIS in Internet è essenzialmente uno strumento che permette di rendere disponibile a tutti, sia diversi tipi di informazioni sostanzialmente legate ad una area geografica e contenute in un GIS, sia alcune delle funzionalità offerte da un sistema GIS vero e proprio. Per ottenere questi risultati è necessario integrare un sistema GIS con altre tecnologie quali:

- reti di punti di misura, ad esempio, della qualità dell'aria o delle acque di un fiume o di un mare, dislocate in luoghi di misura remoti come pure punti di vendita di una stessa ditta dislocati in vari luoghi di una città, di uno stesso capoluogo di provincia ecc.;
- tecniche di trasmissione dati al server GIS per l'immagazzinamento, la elaborazione e la restituzione su mappe tematiche dei dati;
- tecnologie GPS¹⁰⁰ per la geo-localizzazione di eventuali mezzi mobili di misura e/o di raccolta dati sul campo;
- reti locali o geografiche tra diverse amministrazioni anche geograficamente distanti per la condivisione della cartografia digitale di base tra enti;
- ipertesti che costituiscono lo strumento informatico per la lettura delle informazioni relative agli oggetti geografici, informazioni che possono essere di carattere descrittivo, amministrativo, tecnico scientifico ecc.;
- strumenti multimediali indispensabili per l'integrazione di diverse basi di dati come documenti, foto, filmati ecc.

⁹⁹ Pezzi di codice sviluppati proprio con ActiveX di Microsoft. I GIS control vengono utilizzati per eseguire funzioni di analisi GIS. Quando un utente si connette al sito Web e richiama un documento HTML che contiene riferimenti a GIS control, questi applicativi vengono scaricati dal server al client. Dal computer client è così possibile effettuare visualizzazioni e manipolazioni di dati GIS.

¹⁰⁰ Per la geo-localizzazione di eventuali mezzi mobili di misura e/o di raccolta dati sul campo.

Un buon esempio di applicazione GIS in rete Internet è quello offerto dalle reti di monitoraggio come quelle della qualità dell'aria nelle città, della qualità delle acque nei fiumi, in aree marine, nei laghi ecc.. In tutti questi casi si ha infatti la rete geografica di monitoraggio che viene rappresentata e localizzata attraverso l'uso del GIS, per la messa a punto del quale viene utilizzata la base cartografica che più si adatta e risulta utile per la localizzazione sia delle centraline di misura che dei dati da esse misurati.

Infine, ma certo di non minore importanza, vanno menzionati tutti quei software ed i protocolli di collegamento per interrogare le centraline di misura stesse, ottenere le misure rilevate dalla rete in oggetto e farne delle elaborazioni presso il server dove risiede il GIS.

La categoria dei Web GIS è costituita da applicazioni DGI (Distributed Geographic Information), che offrono la possibilità di diffondere i dati geografici in rete.

La caratteristica fondamentale di un Web GIS non è solo quella di pubblicare in Internet o Intranet i risultati delle carte tematiche ottenute dalle applicazioni GIS: le tecniche Web GIS permettono di compiere su tali dati anche funzioni GIS, per certi versi molto avanzate, come presentazioni cartografiche, calcoli di distanze, zoom, proiezioni tridimensionali, sovrapposizioni con altre mappe ecc.

Più in dettaglio le funzionalità offerte da un sistema GIS on-line consistono oltre che nella navigazione su mappe tematiche anche nella possibilità di:

- formulare query pre-definite e dinamiche (cioè calcolate dal sistema in funzione delle preferenze espresse dall'utente);
- consentire l'interrogazione dell'oggetto sulla mappa con possibilità di conoscerne gli attributi presenti nella tabella ad esso associata;
- effettuare la ricerca di informazioni di interesse dell'utente, alcune delle quali anche particolari come ad esempio quella relativa alla caratterizzazione di presenza di informazione sulla mappa all'interno di una certa area, nelle adiacenze di un'area protetta ecc.

Un'applicazione Web GIS, davvero singolare, che mette in luce tutte le potenzialità offerte da uno strumento in grado di gestire, anche via rete, informazioni di tipo geografico, è quella di vedere il GIS come un motore di ricerca spaziale, attraverso il quale si possono cercare tutte le informazioni territoriali, relative ad un certo argomento, che ricadono, ad esempio, in una certa area e che appartengono ad un certo tema.

I Web GIS sono strumenti in continua evoluzione, legati principalmente alle potenzialità ed alla velocità della rete sia essa Internet o Intranet. Esiste un'ampia letteratura che descrive diversi sistemi di messa a punto di GIS in Internet che integrano egregiamente la esigua parte di questo libro dedicata all'argomento la trattazione del quale, per essere esaustiva al massimo, richiederebbe l'esecuzione la stesura un intero testo a parte.

6. IL CORSO IN DISTANCE LEARNING SIGEO (Sistemi Informativi GEOgrafici)

Il presente volume non può mancare di dedicare un Capitolo al corso in distance-learning sui Sistemi Informativi Geografici *SIGEO*, realizzato dall'autrice in collaborazione con il gruppo di ricerca sulle metodologie e-learning dell'ENEA¹⁰¹ seguendo la metodologia KM² (M.L. Bargellini, G. Casadei, S. Coletti, L. Puccia, 2005).

Il corso *SIGEO* risiede sin dal 1° agosto del 2004 sulla piattaforma FAD¹⁰² (Formazione A Distanza) dell'ENEA all'indirizzo <http://odl.casaccia.enea.it> ed è liberamente accessibile.

6.1 I contenuti del corso SIGEO

SIGEO è un corso in distance-learning che promuove la diffusione dei Geographic Information Systems (GIS), presenta le tecniche da utilizzare per la loro realizzazione e mantenimento, esamina i molteplici argomenti e le diverse discipline che ruotano attorno al mondo dei GIS stessi e dell'Informazione Geografica (IG) più in generale.

Il corso *SIGEO* è rivolto a tutti coloro che intendono avvicinarsi al mondo dell'Informazione Geografica e dello strumento GIS che, per esempio, già operano nelle pubbliche amministrazioni essendo particolarmente indirizzato alla formazione di figure di supporto e di consulenza per la gestione e la risoluzione di problematiche ambientali e territoriali [Caiaffa, 2003]. Il corso *SIGEO* è anche diretto a tutti coloro che intendono iniziare a familiarizzare con l'IG e con le tecniche offerte dal GIS. Tra gli obiettivi principali del corso *SIGEO* primeggia la volontà di fornire elementi fondamentali teorici e pratici utili per:

- acquisire una conoscenza di base sul significato del GIS;
- valutare l'effettiva necessità ed opportunità di progettare e costruire un GIS avendo sempre chiari quelli che sono gli obiettivi finali;
- mettere in grado l'utente di leggere ed interpretare i dati elaborati attraverso le carte tematiche che sono l'essenza del GIS.

Il corso non si limita a descrivere il GIS come strumento informatico, ma lo colloca in un panorama più complesso fatto di competenze umane e ruoli professionali, risorse hardware e software, procedure che concorrono alla realizzazione di un Sistema Informativo Territoriale.

Tra gli obiettivi del corso c'è soprattutto quello di fare emergere una serie di concetti chiave che sono basilari nel campo dell'Informazione Geografica, della Geografia e del GIS, come le relazioni spaziali tra elementi geografici, la scala di rappresentazione di una mappa, i sistemi di proiezione e di riferimento geografici, piuttosto che a fornire la semplice elencazione e descrizione delle funzioni tipiche del GIS o, ad esempio, degli operatori GIS che sono già argomento di qualsiasi manuale di software GIS.

Il corso *SIGEO* non è solamente il prodotto della competenza GIS, ma è la combinazione di expertise in Geographic Information System ed expertise in metodologie e-learning.

¹⁰¹ Il gruppo di ricerca sulle metodologie e-learning dell'ENEA è composto dalle dott.sse Maria Laura Bargellini, Gemma Casadei, Loredana Puccia, Silvia Coletti (borsista).

¹⁰² Responsabile del progetto: ing. Anna Moreno; responsabile del Web site: ing. Flavio Fontana.

Per questa ragione i contenuti del corso *SIGEO* sono strutturati (figura 6.1) seguendo la già indicata metodologia KM² che prevede moduli tematici di apprendimento (*moduli didattici*) per introdurre il discente agli argomenti concettuali, tecnici ed applicativi fondamentali per una corretta progettazione ed un efficace uso del GIS.

Oltre ai moduli di apprendimento la metodologia KM² prevede alla presenza di altri moduli (*moduli accessori*) come: il Glossario in linea (*terminologia*), il Modulo Approfondimenti, il Modulo Link per i più curiosi, il Modulo Esercitazioni.

Inoltre il gruppo di ricerca sulle metodologie e-learning dell'ENEA¹⁰³ ha ideato e messo a punto un Sistema Automatico di Autovalutazione (S@S)¹⁰⁴ (Bargellini et al., 2005, Starnoni C., 2004) secondo il quale ciascun modulo di apprendimento, all'interno del corso stesso, presenta un *link* a tale Sistema per lo svolgimento di un test che permette allo studente di valutare il grado di acquisizione degli argomenti da lui raggiunto.

Data la sua natura di corso in distance learning, che lo rende fruibile ad un assai vasto numero di utenti, *SIGEO* è stato realizzato utilizzando uno stile che prevede molto testo all'interno del quale sono inserite numerose figure esplicative.



Figura 6.1 - Struttura del corso SIGEO

¹⁰³ Il gruppo di ricerca sulle metodologie e-learning dell'ENEA è composto dalle dott.sse Maria Laura Bargellini, Gemma Casadei, Loredana Puccia, Silvia Coletti (borsista). La realizzazione del Sistema di Autovalutazione è stata oggetto della tesi di laurea dell'ing. Claudio Starnoni. Cfr. bibl.

¹⁰⁴ Il software sviluppato per il Sistema Automatico di Autovalutazione (S@S) è coperto da copyright.

La figura 6.2 mostra lo stile che si è usato per trattare i vari argomenti afferenti il corso. Si fa notare per esempio che le figure nel testo sono spesso risultato di reali applicazioni GIS [Caiaffa, 1999], o sono figure disegnate dal docente stesso o ancora figure provenienti da Internet (figura 6.2).

Una volta messo a punto il corso *SIGEO* si è deciso di realizzare un Forum di discussione. L'idea della messa in opera del Forum *SIGEO* è nata considerando l'interesse suscitato dal corso stesso, interesse anche dimostrato dall'elevato numero di iscritti a vantaggio dei quali si è cercato di creare una sorta di foro di discussione in cui ciascun utente/discente potesse sollecitare discussioni e/o approfondimenti sui molteplici temi trattati nel corso stesso. Allo stesso tempo attraverso il Forum *SIGEO* si mette a disposizione, di chiunque voglia partecipare, uno strumento di condivisione delle singole esperienze, un luogo in cui poter riversare richieste di chiarimenti per problemi sia teorici che pratici afferenti la realizzazione di un GIS, o ancora per poter lanciare richieste di aiuto nella ricerca di soluzioni innovative ecc.

Attraverso il Forum *SIGEO* sono state anche condotte una serie di esercitazioni on-line (Appendice Esercitazioni) che hanno rappresentato un momento di condivisione e di messa in pratica delle conoscenze acquisite dagli utenti del corso stesso i quali, attraverso la formazione interattiva di gruppi di lavoro, hanno partecipato alla risoluzione di problematiche geografiche tramite l'utilizzo di materiale fornito dal docente del corso stesso. Inoltre nell'ambito dello svolgimento delle esercitazioni gli utenti/studenti sono stati messi in grado di utilizzare semplici strumenti GIS sempre sotto la guida e i consigli del docente del corso (Appendice Esercitazioni). Le esercitazioni condotte durante l'apertura del Forum sono state poi inserite strutturalmente all'interno del corso in distance learning *SIGEO*.

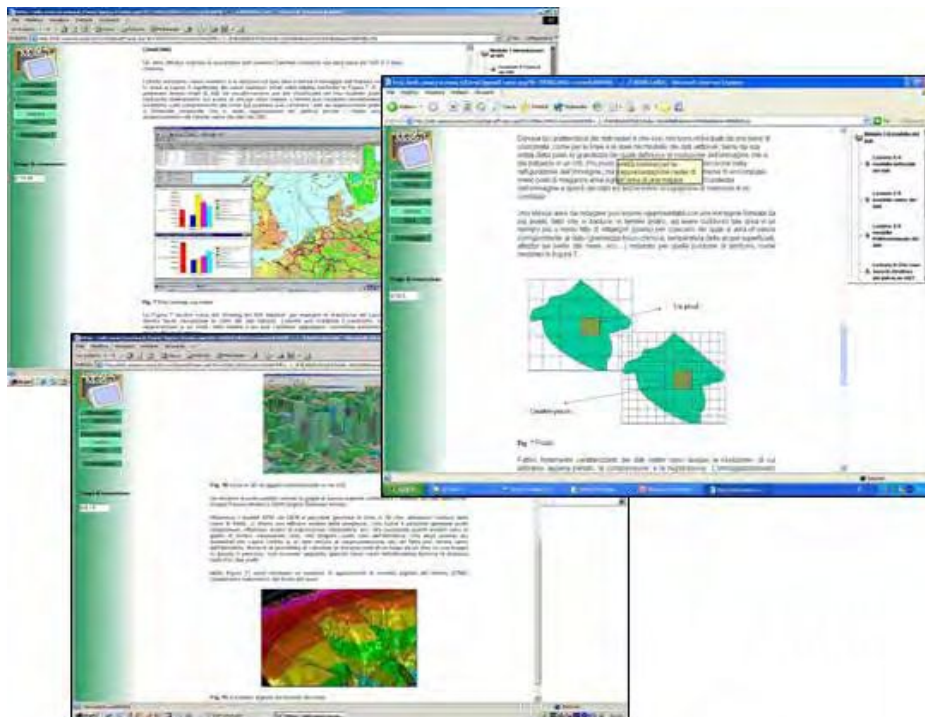


Figura 6.2 - Stile usato per la trattazione dei vari argomenti all'interno del corso *SIGEO*

6.2 Moduli di apprendimento

SIGEO è stato realizzato partendo dall'analisi della conoscenza globale di un esperto GIS; le conoscenze da trasferire sono state selezionate tenendo presente sia le tipologie degli utenti del corso, sia gli obiettivi di apprendimento prefissati. Tali conoscenze sono state organizzate in moduli, seguendo la metodologia sopra citata. A loro volta i moduli seguono un percorso propedeutico che va dalla definizione degli elementi di base che costituiscono un GIS, ai modelli dei dati usati per la rappresentabilità dell'Informazione Geografica su una mappa, alla illustrazione della progettazione e realizzazione di applicativi GIS.

6.2.1 Modulo 1

Nel primo Modulo di apprendimento vengono trattate tutte quelle che sono le nozioni di base coinvolte nelle tecnologie GIS come alcuni concetti fondamentali sul GIS utili alla realizzazione di efficaci progetti (GIS) dalla fase di messa a punto a quella di utilizzo. Come mostrato nella figura 6.3, il Modulo 1 contiene una serie di argomenti introduttivi al GIS stesso: da Che cosa è un GIS a Come si costruisce un GIS, quali sono i diversi possibili campi di utilizzo di un GIS, individuazione dei dati effettivamente utili e necessari alla costruzione ed al mantenimento del GIS stesso, il significato di applicazione GIS. In particolare vengono dedicate alcune Unità di apprendimento per spiegare argomenti come: il data entry, l'elaborazione dei dati all'interno di un GIS, il data query e successiva analisi, la rappresentazione e visualizzazione dei dati attraverso le carte tematiche, fino ad arrivare alla descrizione di alcuni esempi di applicazioni GIS effettivamente sviluppate da chi scrive, la sintesi delle quali è argomento del paragrafo 6, Capitolo 1 della presente pubblicazione.

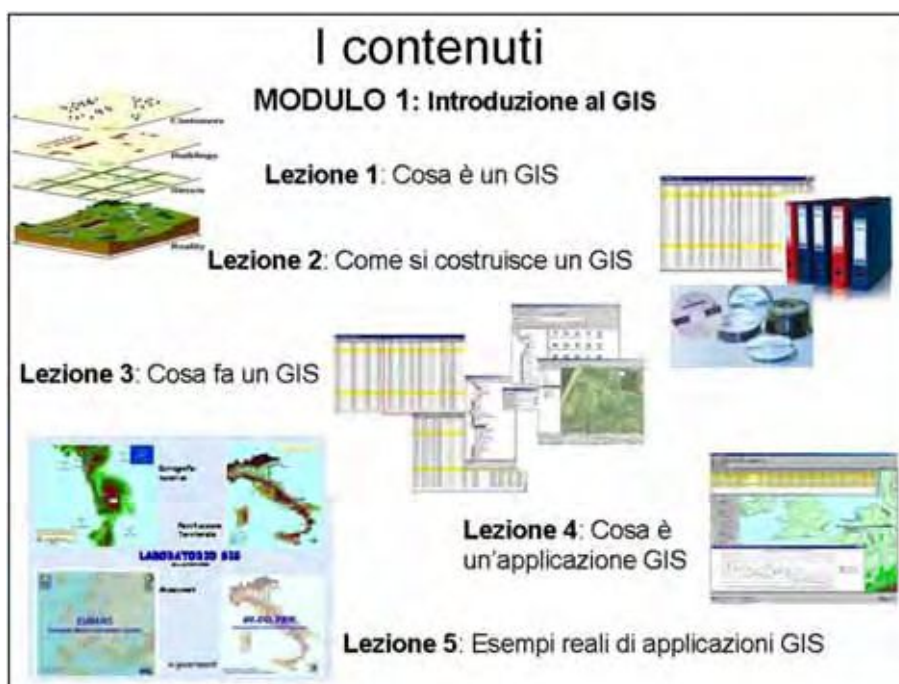


Figura 6.3 - Contenuti del Modulo 1

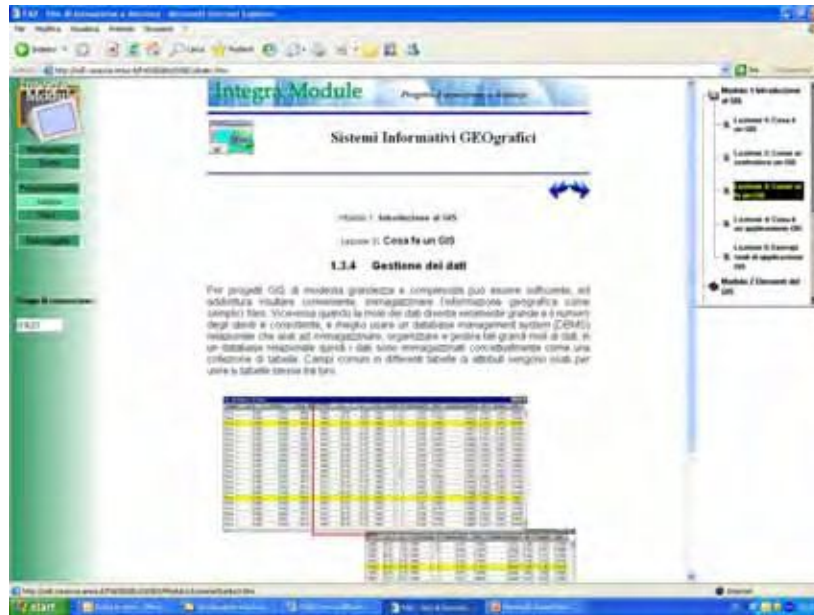


Figura 6.4 - Gestione dei dati all'interno di un GIS

Le figure che seguono costituiscono un esempio di come vengono affrontati gli argomenti all'interno del corso a livello di unità di apprendimento. Un esempio è fornito dalla trattazione dell'argomento: gestione dei dati all'interno dei GIS, che è costituisce un tema assai delicato e molto importante per la comprensione dei meccanismi di base di un GIS e viene svolto all'interno del corso (Modulo 1, Lezione 3, Unità 4) nel modo che è mostrato in figura 6.4.

Ancora con l'intento di mostrare come sono stati realizzati i contenuti all'interno del corso, la figura 6.5 mostra come l'essenza del GIS, cioè la visualizzazione dei dati su una carta tematica, è trattata all'interno della unità di apprendimento 1.1.3, nella quale si mostrano e si spiegano le tecniche di data viewing attraverso le quali è possibile avere la rappresentazione dei valori alfanumerici degli attributi (dati tabellari) nel loro risultato geografico e come, attraverso le funzioni del GIS stesso, è possibile costruire il grafico del trend temporale laddove vi siano disponibili alcune serie temporali sui dati stessi. Nell'unità di apprendimento in questione, sempre in tema di visualizzazione dei dati, un'altra funzione offerta dal GIS è quella del *data charting* attraverso la quale possiamo rappresentare dati tabellari nel loro risultato di diagrammi a barre con la possibilità di operare interattivamente cambiamenti sui parametri dei dati in quanto il chart è dinamicamente agganciato alla tabella degli attributi.



Figura 6.5 - Data viewing e data charting con il GIS

6.2.2 Modulo 2

Il Modulo 2 è dedicato alla descrizione degli elementi che costituiscono il GIS e cioè a tutte quelle nozioni di base che guidano il discente a capire quali e quanti sono gli elementi che intervengono nella definizione di GIS (figura 6.6).

Partendo dai diversi elementi che compongono un GIS, dal concetto di dato/informazione geografica come pure dalle relazioni spaziali e dalla acquisizione del significato di cartografia digitale ecc. il discente arriva alla definizione della scala di rappresentazione di una mappa. Una particolare cura viene posta nella descrizione del significato e di che cosa si intende per cartografia digitale trattando inoltre la parte storica della cartografia e la sua evoluzione nel tempo (Caiaffa, 2002).

Argomenti come sistemi di coordinate, sistemi di proiezione e di riferimento sono trattati in profondità per sgombrare il campo da ogni malinteso circa il loro significato e il loro impiego nelle Scienze dell'Informazione Geografica.

All'interno del Modulo 2 gli argomenti vengono sviluppati seguendo un percorso che porta il discente a prendere confidenza con alcune nozioni di base che costituiscono l'essenza del GIS stesso e che sono:

- la scala di rappresentazione del dato geografico,
- la rappresentazione del territorio,
- le coordinate geografiche,
- i sistemi di proiezione,
- i sistemi di riferimento.

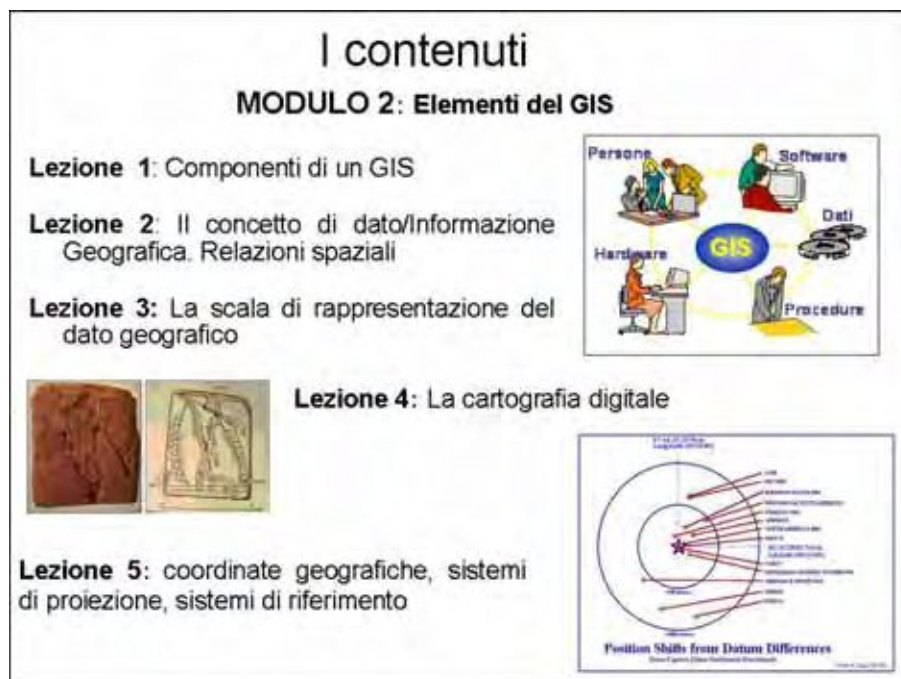


Figura 6.6 - Contenuti del Modulo 2

Nell'ambito dei sistemi di riferimento, per esempio, viene ampiamente affrontato il tema del *datum* di un luogo, che permette agli studenti di approfondire tutta la tematica e la problematica relativa all'esigenza di fare *aderire* il più possibile la superficie terrestre (ellissoide di riferimento) con il geoide di riferimento, per una più fedele rappresentazione del territorio, evenienza che ha portato alla definizione di diversi ellissoidi e quindi diversi *datums* dove per *datum* si intende il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il centro dell'area da rappresentare in cartografia.

6.2.3 Modulo 3

Come più volte sottolineato, uno degli aspetti fondamentali di un GIS è quello che riguarda il corredo dei dati con i quali il GIS in costruzione sarà equipaggiato: dati, la cui natura, affidabilità, formato ecc., condizioneranno fortemente i risultati e l'efficacia del sistema GIS che si sta realizzando.

Non poteva dunque mancare nel corso *SIGEO* un Modulo di apprendimento dedicato all'importantissimo argomento costituito dal modello dei dati all'interno di un GIS. La rappresentazione dei dati spaziali e territoriali in un GIS, avviene attraverso l'utilizzo dei due modelli di dati per eccellenza che sono: i dati vettoriali e i dati raster senza però tralasciare l'altrettanto importante modello di dati che è quello tridimensionale, reso possibile e sempre più interessante e fruibile dalle moderne tecniche di visualizzazione in 3D (figura 6.7).

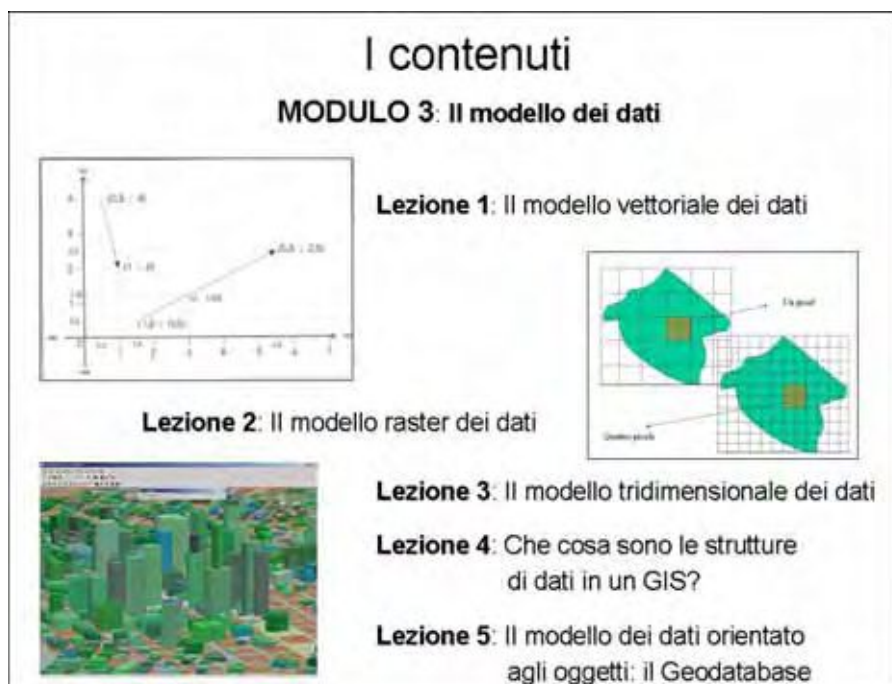


Figura 6.7 - Contenuti del Modulo 3

Come si può notare dalla figura 6.7, all'interno del Modulo 3, per ogni modello di dati viene proposta una lezione nella quale si descrivono le rispettive caratteristiche dei diversi modelli di dati elencando anche i vari pregi e difetti degli uni, degli altri e degli uni rispetto agli altri. Viene infatti chiaramente spiegato che il modello vettoriale dei dati è particolarmente utile per rappresentare e memorizzare sulla memoria di massa di un computer elementi discreti come particelle catastali, laghi, strade, confini comunali, edifici, fermate di autobus ecc., mentre il modello raster dei dati è invece particolarmente adatto per la memorizzazione di dati di tipo continuo, come gli andamenti altimetrici delle superfici (modello digitale del terreno), pendenze, esposizioni dei versanti ecc.

6.2.4 Modulo 4 e Modulo 5

Il Modulo 4, come presentato in figura 6.8, si occupa della presentazione delle funzioni e delle operazioni che si possono effettuare sui diversi tipi di dati all'interno di un GIS. Qualsiasi tipo di software GIS dispone di una serie di funzioni e di operatori che permettono di effettuare elaborazioni, combinazioni, e successive interpretazioni dei dati preventivamente inseriti nel GIS stesso. Viene quindi data una panoramica delle più comuni funzioni che si possono operare sugli insiemi di dati organizzati all'interno di un GIS per ottenere, attraverso le elaborazioni così compiute, le informazioni necessarie alla risoluzione o almeno alla messa in luce dei problemi per cui il GIS stesso è stato costruito.

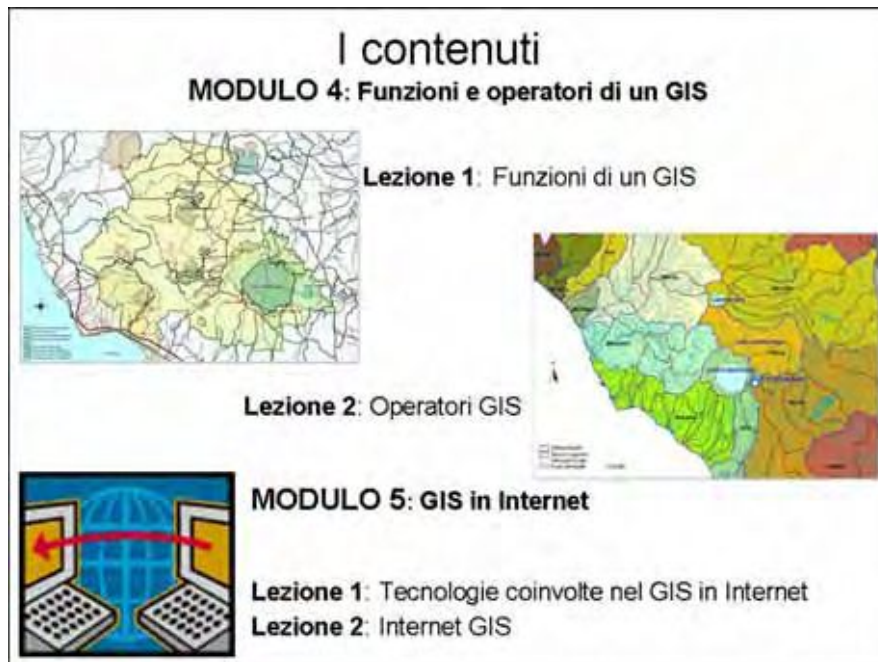


Figura 6.8 - Contenuti del Modulo 4 e del Modulo 5

Le funzioni GIS, infatti, permettono di compiere una varietà di azioni come identificare gli oggetti grafici sulla mappa, trovare quali locazioni incontrano certi criteri di selezione, analizzare le eventuali relazioni spaziali tra differenti fenomeni così individuati e vedere come essi si influenzano gli uni con gli altri ecc.

Gli operatori GIS intervengono sugli oggetti selezionati (secondo i criteri dettati dalle funzioni GIS) su una mappa permettendo all'utente di poter operare delle trasformazioni, combinazioni, elaborazioni anche statistiche, su tali oggetti selezionati allo scopo di riuscire a focalizzare meglio gli elementi necessari alla messa a punto della descrizione e risoluzione del problema in studio. Gli operatori GIS mettono in grado l'utente di effettuare delle statistiche, di aggregare gli oggetti di un tema con quelli di un altro per sommarne le informazioni ed interpretarle in un modo più utile agli scopi prefissati.

Il Modulo 5 tratta del GIS in internet, e a questo proposito va detto che per descrivere in maniera esaustiva l'argomento GIS in Internet andrebbe realizzato un corso a parte. Nel Modulo 5 del corso *SIGEO* vengono dunque dati alcuni cenni sul vasto argomento. Vengono infatti descritte le principali tecnologie coinvolte in questo campo e cosa si intende e che cosa fa un Web GIS. Infatti il GIS in Internet, oltre a costituire un'opportunità di far conoscere le funzionalità dei GIS ad un pubblico sempre più vasto, è uno strumento molto potente per la diffusione di dati e per la condivisione di informazioni legate al territorio.

Un Web GIS è essenzialmente uno strumento che permette di rendere disponibile a tutti, sia diversi tipi informazioni sostanzialmente legate ad una area geografica e contenute in un GIS, sia alcune delle funzionalità offerte da un sistema GIS vero e proprio.

Il Modulo 5 fornisce anche una serie di esempi di applicazioni Web GIS come: reti di monitoraggio della qualità dell'aria all'interno del territorio urbano, della qualità delle acque nei fiumi, in aree marine, nei laghi ecc.

In questi casi si ha infatti la rete geografica di monitoraggio che viene rappresentata e localizzata attraverso l'uso del GIS, per la messa a punto del quale viene utilizzata la base cartografica che più si adatta e risulta utile per la localizzazione sia delle centraline di misura che dei dati da esse misurati.

Vengono descritte le caratteristiche fondamentali di un Web GIS che non consistono solo nel fatto di pubblicare in Internet o Intranet i risultati delle carte tematiche ottenute dalle applicazioni GIS: le tecniche Web GIS, che sono strumenti in continua evoluzione, permettono di compiere su tali dati anche funzioni GIS, per certi versi molto avanzate, come presentazioni cartografiche, calcoli di distanze, zoom, proiezioni tridimensionali, sovrapposizioni con altre mappe ecc.

6.3 Moduli accessori

Oltre ai moduli didattici ampiamente elencati nei paragrafi precedenti, sono stati realizzati alcuni moduli di apprendimento complementari come Approfondimenti, Terminologia (Glossario in linea), Link per i più curiosi, e un Modulo Esercitazioni (Appendice Esercitazioni) quest'ultimo utilizzato dagli studenti sia per familiarizzare con lo svolgimento di alcune semplici funzioni ed operazioni GIS, sia per condurre alcuni semplici esercizi GIS nell'ambito delle attività del Forum *SIGEO* (paragrafo 6.4). Il glossario in linea permette allo studente di leggere direttamente il significato dei termini che sono considerati di base per l'apprendimento dei contenuti. Passando con il mouse sui termini scritti in blu nel testo automaticamente si apre una finestra che contiene il testo esplicativo, evitando di interrompere la lezione.

6.3.1 Moduli Approfondimenti e Link per i più curiosi

L'aspetto forse più innovativo del corso *SIGEO* sta nell'aver introdotto alcuni nuovi moduli di apprendimento attraverso i quali è possibile affacciarsi direttamente al mondo del GIS e dell'Informazione Geografica tramite collegamenti ad Internet che introducono lo studente a siti specialistici o a eventi nel campo GIS e che costituiscono a loro volta dei punti di partenza per ulteriori approfondimenti e navigazione in Internet stesso.

Il Modulo Approfondimenti permette infatti allo studente di accedere ad una raccolta di articoli, comunicazioni scientifiche, note tecniche, sia pubblicate dal docente, sia pubblicate da altri autori sui temi d'interesse del vasto mondo del GIS e dell'Informazione Geografica. All'interno dei documenti riportati on-line in questo modulo di approfondimento si possono ancora trovare indirizzi per ulteriori informazioni.

Il Modulo Link per i più curiosi costituisce senza dubbio un ulteriore aspetto caratterizzante per il corso *SIGEO*. In questo modulo vengono selezionati e segnalati alcuni eventi correlati al mondo dell'Informazione Geografica e della Geografia come: mostre, seminari divulgativi, giornate dedicate alla Festa della Geografia (<http://www.rete.toscana.it/sett/territorio/carto/index.htm>) ecc.

Un esempio per tutti è il GIS Day, un evento a livello mondiale creato per diffondere le tecnologie GIS nelle scuole, nelle organizzazioni di tutto il mondo e mostrare a milioni di bambini e adulti le molteplici capacità di applicazione dei sistemi GIS nella vita quotidiana (<http://www.esriitalia.it/gisday/index.htm>).

Mostre come *Carte di riso. Genti, paesaggi, colori dell'Estremo Oriente* nelle collezioni della Società Geografica Italiana (www.societageograficaitaliana.it) e Leonardo Genio e Cartografo. Rappresentazione del territorio tra scienza ed arte (<http://www.leonardo.comune.arezzo.it/>), rendono lo studente partecipe del mirabile percorso nella evoluzione dei simboli e dei mezzi attraverso i quali di epoca in epoca l'uomo ha inventato la rappresentazione del territorio, oltre ad informare su un Leonardo che iniziò la sua attività di cartografo dopo aver studiato la geometria di Euclide dal 1496 al 1504 come mostrato nelle figure 6.9 e 6.10).



Figura 6.9 - Leonardo genio e cartografo

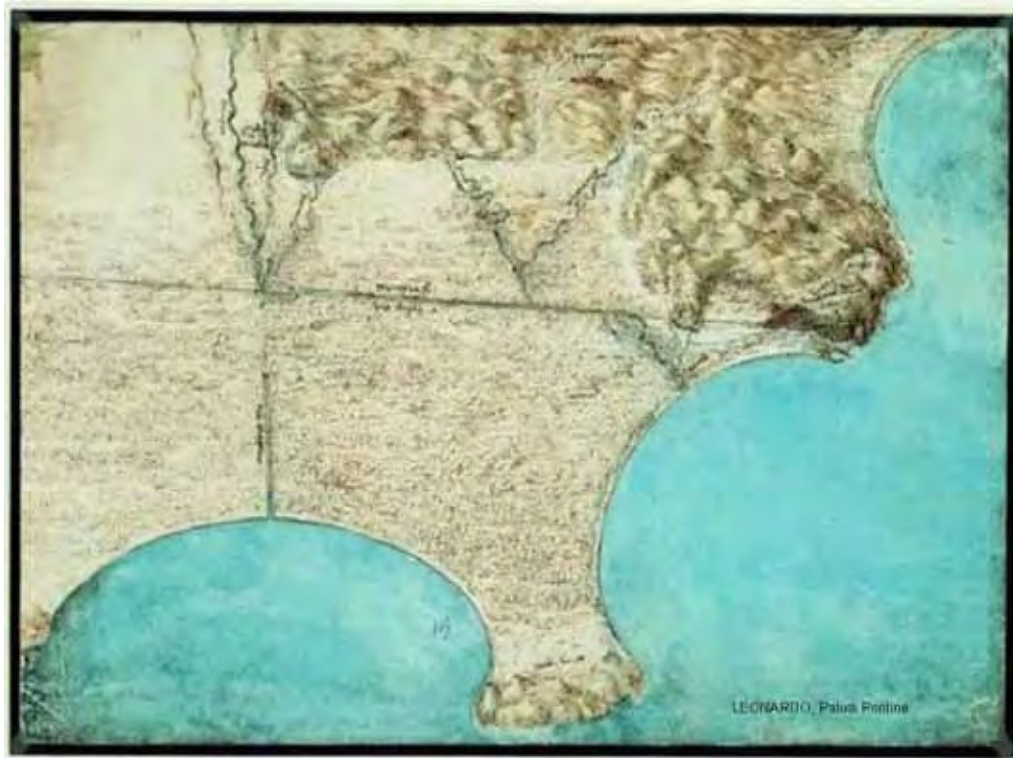


Figura 6.10 - Leonardo genio e cartografo

6.4 Il forum SIGEO

Per il corso *SIGEO* è stato messo a punto un Forum il cui scopo è quello di raccogliere scambi di opinioni ed informazioni sul corso stesso ma anche di sollecitare la formazione di tavoli di discussione per la condivisione di idee su argomenti che sono risultati poco chiari durante lo svolgimento del corso stesso o durante lo svolgimento delle esercitazioni GIS eseguite dal singolo utente.

Attraverso il Forum vengono infatti proposte delle esercitazioni durante le quali, gruppi di utenti, che si aggregano di volta in volta all'interno del Forum stesso, avendo a disposizione una serie di mappe tematiche, messe a disposizione dall'autrice, sono in grado di compiere alcuni esercizi su tali mappe. Gli esercizi proposti si compongono di percorsi che accompagnano l'utente nel realizzare alcune semplici funzioni GIS con l'ausilio di un software liberamente scaricabile da internet (*ArcExplorer*). Lo scopo delle esercitazioni è quello di portare l'utente, attraverso l'analisi delle mappe tematiche fornite, ad esprimere un giudizio sulla qualità e le caratteristiche territoriali delle aree proposte nelle mappe stesse, giudizio finalizzato alla individuazione di una futura definizione d'uso delle stesse.

All'interno del forum *SIGEO*, vengono dunque proposti due diversi percorsi di esercitazione: uno di carattere maggiormente applicativo e relativo all'utilizzo di un software GIS; l'altro basato sul lavoro di gruppo e sulla risoluzione *collaborativa* di una problematica ambientale di tipo teorico.

A supporto degli utenti, vengono messi a disposizione quattro documenti in formato Adobe (totalmente riportati in: Appendice Esercitazioni, del presente testo), scaricabili dal forum stesso, contenenti tre dimostrazioni sull'utilizzo del software GIS professionale *ArcView* della *ESRI*, e una dimostrazione sull'utilizzo di un software GIS gratuito scaricabile dalla rete (*ArcExplorer*).

Per quanto riguarda il primo percorso di approfondimento pratico, poiché l'obiettivo principale è quello di consentire ai partecipanti di familiarizzare con alcuni strumenti e tecniche fondamentali del GIS, e quindi di rendere loro possibile lo svolgimento di alcune semplici ma significative funzioni GIS, si è deciso di sfruttare il software *ArcExplorer* della *ESRI*¹⁰⁵, in quanto gratuito, scaricabile dalla rete ed agevolmente installabile sul computer di ciascun utente.

6.5 Conclusioni

Il corso *SIGEO* in *distance learning* è stato ideato e realizzato con lo scopo di riempire un vuoto nel campo della diffusione dell'IG e dei GIS spesso affetta o da una trattazione troppo specialistica o da una descrizione semplicistica e nozionistica. Lo strumento e-learning permette di raggiungere diversi tipologie di studenti e di utenti con differenti estrazioni professionali specialistiche e differenti livelli culturali e proprio per questa ragione si è intenzionalmente usata una forma di trattazione degli argomenti il più semplice possibile, dando la più completa ed ampia descrizione delle diverse discipline coinvolte.

Il corso GIS in e-learning dovrebbe così costituire un efficace mezzo per indurre il più alto numero di persone a familiarizzare con concetti difficili, spesso completamente nuovi, che sono alla base della Scienza dell'Informazione Geografica, l'importanza dei quali è spesso sottostimata dagli specialisti e dagli addetti ai lavori.

Lo stile semplice usato per la trattazione e la spiegazione degli argomenti ha lo scopo di rendere *SIGEO* un buon strumento di apprendimento per tutte quelle persone che potrebbero diventare utilizzatori dello strumento GIS e cultori della Scienza dell'Informazione Geografica ed è specialmente rivolto ai potenziali utilizzatori dei Paesi recentemente entrati nell'Unione Europea così come quei Paesi dell'area mediterranea che vanno sempre più manifestando il loro interesse per queste tecnologie e discipline.

¹⁰⁵ La scelta di *ArcExplorer* è stata dettata da motivi esclusivamente pratici, in quanto è un software gratuito e facile da installare perché di dimensioni contenute: la versione 2.0.800, August 3, 2000 di *ArcExplorer 2* (ae2setup.exe) ha una dimensione di 12,8 MB.
In Internet: <http://esri.com/software/arcexplorer/>.

7. LA METAINFORMAZIONE: CHE COSA È E A CHE COSA SERVE

La metainformazione è un file che contiene una serie di informazioni sulle caratteristiche di base di un dato nonché una serie di notizie relative alla creazione e alla redazione del metadato stesso.

La parola metainformazione significa informazione sull'informazione e costituisce un valido strumento per descrivere sia il contenuto informativo (tipologie di dati) racchiuso all'interno del dato sia la qualità del dato stesso.

La metainformazione, in pratica, si può definire come una sorta di catalogo ovvero un elenco delle caratteristiche e delle proprietà relative a ciascun dato.

Sebbene questa definizione generale si possa applicare a qualunque tipo di dato, la parola è nata per descrivere specificamente il dato geografico. Il termine *metadata* nasce infatti negli USA, quando il Federal Geographic Data Committee (FGDC, <http://www.fgdc.gov/>) ha definito uno standard per la descrizione delle banche dati geografiche. In seguito a ciò altri organismi sia a livello nazionale sia a livello internazionale, hanno introdotto altri standard più o meno analoghi. La proliferazione dei suddetti standard non ha avuto però il successo di applicabilità che ci si poteva attendere da parte delle organizzazioni sia tecniche, che scientifiche, che politiche, responsabili della creazione di suddette banche dati geografiche. Il motivo va ricercato in parte nella complessità di questi schemi ed in parte nella mancanza di linee generali universalmente accettate: ciò ha portato alla definizione di altri standard da parte di varie organizzazioni, fra i quali si possono citare quelli proposti dai seguenti comitati tecnici:

- FGDC: Federal Geographic Data Committee;
- ISO/TC 211;
- CEN/TC 287 (Comitato Europeo di Standardizzazione-Commissione Tecnica 287);
- Open GIS Consortium.

Inoltre l'enorme sviluppo delle tecnologie Internet, avvenuto negli ultimi anni, ha favorito un'ulteriore situazione di disordine, e nuovi schemi, per la creazione di metainformazione, si sono aggiunti a quelli già esistenti. Fra questi nuovi schemi è di particolare interesse e di crescente diffusione il *Dublin Core* (<http://dublincore.org>).

Tuttavia, se per effetto di Internet si è avuta una poco controllata proliferazione di standard per la produzione di metainformazione, bisogna riconoscere che proprio l'espansione di Internet è stata il principale motivo dell'interesse suscitato dagli schemi di metadati. Infatti istituzioni scientifiche, organismi nazionali, internazionali, consorzi, pubbliche amministrazioni ecc. che hanno sviluppato per i loro scopi una serie di dati geografici, possono mettere *in rete* tali risorse e per farlo producono la metainformazione necessaria per la loro ricerca e individuazione da parte degli interessati.

I Metadati geospaziali sono usati per documentare risorse geografiche digitali così come *files* di Geographic Information Systems, database geospaziali, ed immagini della terra ecc.. Un metadato geospaziale, oltre ad elementi come titolo del dato, breve definizione del dato stesso, data di pubblicazione del dato, deve contenere necessariamente informazioni sugli elementi geografici che lo caratterizzano come l'estensione (raster,

vettoriale ecc.), il sistema di proiezione, il sistema di riferimento, ed altri elementi di database come definizione degli attributi legati a quel dato geografico, definizione del dominio di appartenenza per quel dato ecc..

Per capire a che cosa serve la metainformazione basti pensare che un generico utente, a fronte di una qualsiasi richiesta di disponibilità di dati, tramite l'accesso ai metadati, è in grado di sapere quali dati della sua richiesta esistono, come sono fatti, chi li ha prodotti, qual è la loro qualità e quali le procedure amministrative per ottenerli.

Un aspetto assai importante nel campo della metainformazione è l'accessibilità alla metainformazione stessa perché permette ad un vasto numero di potenziali utenti di:

- venire a conoscenza dell'esistenza di dati e di usarli;
- evitare duplicazioni di dati già esistenti;
- evitare ripetizioni di elaborazioni e tematizzazioni già compiute e potenzialmente disponibili sugli stessi dati;
- evitare l'acquisto di dati di cui già si dispone in casa;
- evitare costose duplicazioni e/o incoerenze nella descrizione di identici oggetti.

La metainformazione, considerata nel suo significato più peculiare, e cioè come uno strumento strategico per la diffusione e lo scambio dei dati, per la condivisione e la omogeneizzazione dei dati, nonché come forma di risparmio di risorse sia umane che economiche, costituisce un potente mezzo l'importanza del quale viene spesso sottovalutata.

Proprio per questa sua funzione di strumento di scambio e di diffusione dei dati è necessario che la metainformazione risponda a dei ben precisi standard che la rendano comprensibile ed utilizzabile da tutti. Dunque non meraviglia affatto che da anni si sia cominciato a studiare una maniera standard per descrivere e diffondere l'informazione geografica. Elencare la storia dei vari istituti nazionali, internazionali e mondiali che si sono occupati di venire a capo del problema della standardizzazione della metainformazione per i dati geografici sarebbe da sola l'argomento di un intero scritto: in questa pubblicazione si è scelto di citare quelli che attualmente sono i maggiori standard accreditati per la produzione di meta informazione geografica:

- la Commissione Europea di Normalizzazione ha proposto il CEN/TC 287;
- lo standard ISO 19115 Geographic Information – Metadata, proposto dal Comitato Tecnico 211 dell'ISO (normativa internazionale) è stato approvato in data 24/3/2003. È stato recepito come ISO 19115:2004 dal Comitato Tecnico CEN/TC 287 ed è stato approvato nel giugno 2004;
- negli Stati Uniti d'America è stato definito lo standard americano *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* sviluppato per il National Spatial Data Infrastructure (NSDI) dal Federal Geographic Data Committee (Standard FGDC).

Va sottolineato a questo punto che alcuni istituti creatori di metadati hanno usato una struttura logica per la creazione del metadato online che è ripresa in parte dallo standard ISO TC 211, per altri aspetti dallo standard Americano e per altri ancora da quello Europeo.

Anche il metadato stesso deve avere una serie definita (standard) di informazioni che lo caratterizzano e lo individuano univocamente: è necessario quindi anche creare un elenco di informazioni che definisca i dati relativi agli stessi metadati, creare cioè la così detta Metadata Reference.

I dati sui metadati in genere comprendono informazioni necessarie per la loro fruibilità come:

- data di creazione del metadato o l'intervallo di tempo in cui il metadato è stato inserito;
- la data in cui è stata effettuata l'ultima validazione del metadato;
- la data in cui è stato effettuato l'ultimo aggiornamento del metadato;
- la lingua in cui il metadato è stato redatto e laddove necessario fornire la traduzione dei testi in altre lingue.

7.1 Lo standard dei metadati geografici FGDC

Un esempio di come si presenta la struttura di un comune programma di creazione di un file di metainformazione di un dato geografico è mostrato in figura 7.1: la struttura della metainformazione presentata proviene dalla piattaforma software ArcGIS della ESRI ed è subito evidente che, per la realizzazione della metainformazione, anche le diverse piattaforme software adottano un proprio standard che, nel caso della ESRI, è una estensione del FGDC *Content Standard for Digital Geospatial Metadata* cui la ESRI stessa ha aggiunto elementi aggiuntivi per la definizione dell'*ESRI Metadata Profile*.

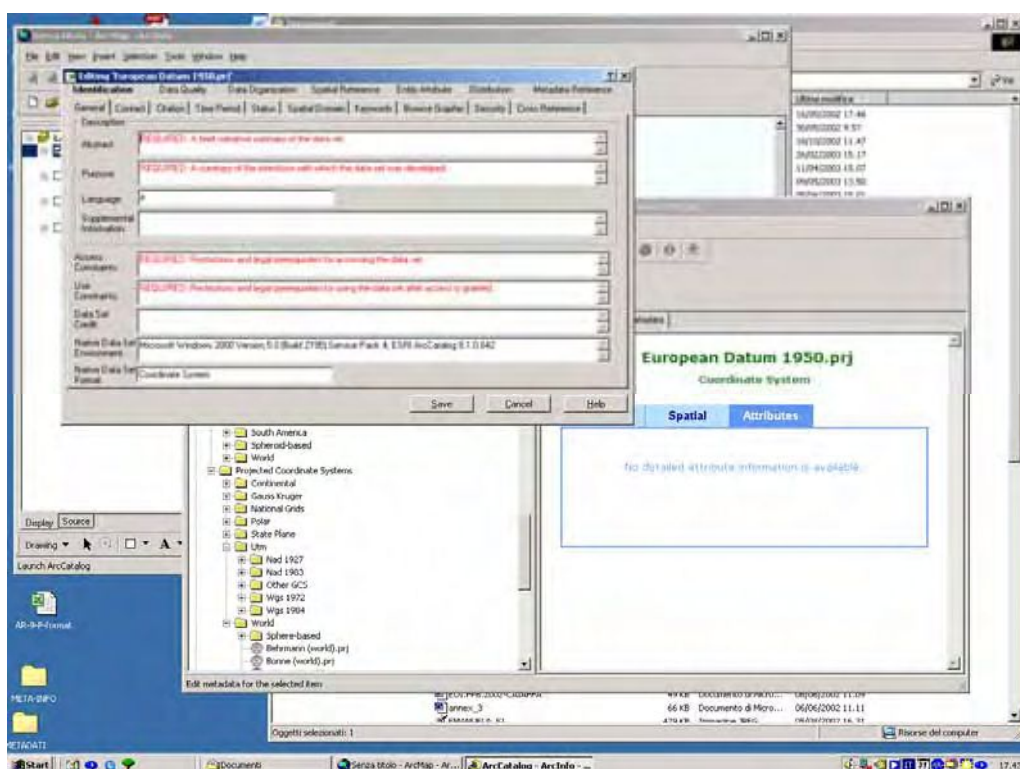


Figura 7.1 - Esempio di creazione di un file di Metainformazione (ArcCatalog, ESRI)

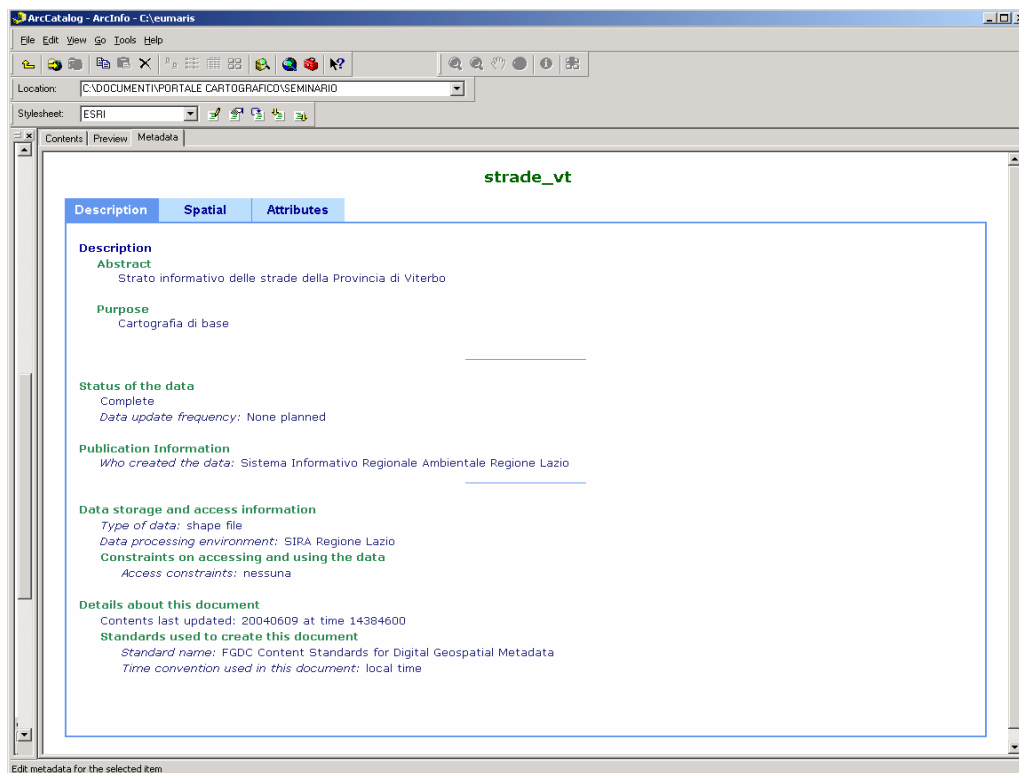


Figura 7.2 - Campo informativo *Description* di un file di metainformazione (ArcCatalog, ESRI)

Nella figura 7.2 è riportato un esempio di metadato costruito per lo *shapefile* “*strade*” nel quale si possono notare tre tipi di campi informativi richiesti: uno dedicato alla descrizione dello *shapefile* in oggetto (*Description*), un altro alla sua definizione spaziale (*Spatial*), un altro ancora alla descrizione degli attributi associati allo *shapefile* stesso (*Attributes*).

Nella figura 7.2 per il tema *strade*, così come nella figura 7.3 per il tema *fiumi*, nel campo *Description* del metadato vengono fornite notizie sia di carattere generale che vanno dal nome dello strato informativo, sua breve descrizione e definizione, data di creazione e aggiornamento del dato laddove pianificato, precisazioni sullo stato di fruibilità del dato in oggetto nel campo *Constraints on accessing and using the data*, fino alla dichiarazione dello standard usato per creare la metainformazione stessa.

La figura 7.4 mostra invece la serie di informazioni di carattere spaziale richieste dal campo *Spatial*. Le indicazioni contenute in tale campo caratterizzano spazialmente lo strato informativo in oggetto descrivendo le coordinate geografiche in cui lo strato informativo è espresso, il sistema di proiezione che si è adottato, il tipo di dato (vettoriale, raster, ...).

La figura 7.5 infine mostra la serie di informazioni richieste dal campo *Attributes* relative alla natura degli attributi che caratterizzano lo strato informativo stesso come la dichiarazione del tipo di *Feature class* e la lista degli attributi agganciati al tematismo *Strade* ecc. Una delle più importanti questioni da risolvere nella creazione di metainformazione rimane quella di riuscire a documentare, secondo un unico modello, dati estremamente diversi tra loro.

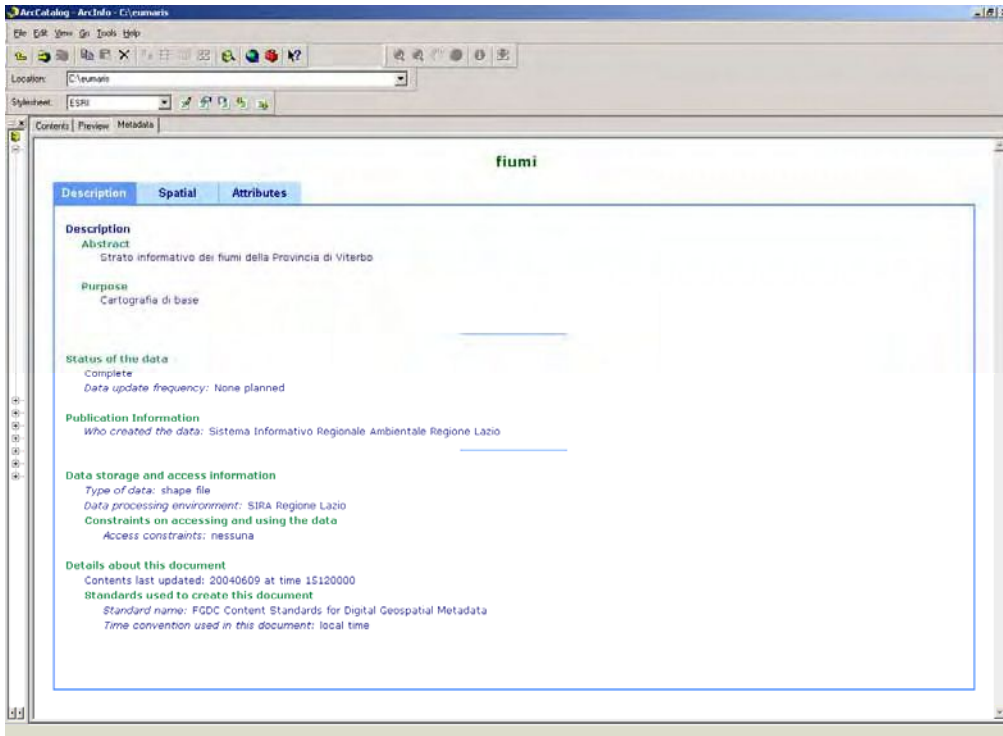


Figura 7.3 - Campo informativo *Description* di un file di metainformazione (ArcCatalog, ESRI)



Figura 7.4 - Campo informativo *Spatial* di un file di metainformazione (ArcCatalog, ESRI)



Figura 7.5 - Campo informativo *Attributes* di un file di Metainformazione (ArcCatalog, ESRI)

7.2 Lo standard dei metadati geografici ISO/TC 211

La quasi totalità degli sviluppatori di software GIS appartengono all'OpenGIS Consortium che ha partecipato alla creazione dello standard ISO per la definizione degli schemi dello standard sui metadati geografici. L'OpenGIS Consortium è una associazione che riunisce i maggiori produttori di software GIS, come pure utenti, amministrazioni pubbliche, enti di ricerca ecc. ed ha lo scopo di sostenere l'uso diffuso della informazione geografica favorendo l'interoperabilità tecnologica e semantica dei dati geografici.

Nell'ambito dei lavori dell'ISO Comitato Tecnico 211 sono stati sviluppati i seguenti standard:

- ISO 19107 "Geographic information - Spatial schema"
- ISO 19109 "Geographic information - Rules for Application schema"
- ISO 19110 "Geographic information - Feature Cataloguing methodology"
- ISO 19113 "Geographic information - Quality principles"
- ISO 19114 "Geographic information - Quality evaluation procedures"
- ISO 19115 "Geographic information - Metadata"
- ISO 19126 "Geographic information - Profile Facc Data Dictionary"
- ISO 19139 Metadata che riguarda l'implementazione delle specifiche
- ISO 19115-2 Metadata Parte 2 Estensione dello standard per le immagini ed i dati aster.

Lo standard ISO è stato assunto, dal Centro Interregionale di Documentazione per le Informazioni Territoriali, nella proposta di uno standard nazionale italiano di metainformazione geografica e di architettura di database geografici; un sottoinsieme dello standard ISO viene formalmente utilizzato dal software ESRI per la creazione della metainformazione sui propri database geografici e per la navigazione nei sistemi informativi geografici sul Web.

Lo standard ISO per la produzione di metainformazione prevede un insieme minimo di 22 campi descrittivi che si possono così definire:

1. *dataset title*: titolo della Carta geografica;
2. *dataset reference date*: data di pubblicazione o di riferimento della Carta;
3. *dataset responsible*: insieme di informazioni relative al responsabile della carta (Editore, Proprietario ecc.);
4. *geographic location of the dataset*: riferimento spaziale espresso attraverso il bounding box, coordinate dei 4 vertici della Carta, o altro identificatore geografico;
5. *dataset language*: codice ISO 639 che esprime la lingua in cui è scritta la Carta;
6. *dataset character set*: insieme di caratteri in cui è codificata la Carta;
7. *dataset topic category*: insieme di parole chiave correlate alla Carta;
8. *spatial resolution of the dataset*: numero che esprime il denominatore della scala di rappresentazione della carta o la risoluzione spaziale (ground sample distance);
9. *abstract describing the dataset*: testo descrittivo di spiegazione generale della Carta;
10. *distribution format*: formato, e sua versione, con cui viene distribuita la Carta (es. supporto cartaceo, file di export ArcInfo E00, formato DWG ecc.);
11. *additional extent information for the dataset*: ulteriori informazioni sull'estensione della Carta, riferimento verticale (terza coordinata spaziale) e temporale.
12. *spatial representation type*: informazioni sul sistema di rappresentazione (raster, vector ecc.) della Carta;
13. *reference system*: informazioni sul sistema di riferimento (ellissoide, datum ecc.);
14. *lineage statement*: informazioni sulle fonti da cui è stata prodotta la Carta;
15. *on-line resources*: eventuali informazioni on-line sulla distribuzione della Carta;
16. *metadata file identifier*: identificativo univoco che contraddistingue la Carta;
17. *metadata standard name*: nome dello standard utilizzato per i metadati;
18. *metadata standard version*: versione del suddetto standard;
19. *metadata language*: codice ISO 639 che esprime la lingua in cui è scritto il file di metadati;
20. *metadata character set*: insieme di caratteri in cui è codificato il file di metadati;
21. *metadata point of contact*: persona o organizzazione di contatto per i metadati;
22. *metadata time stamp*: data di produzione dei metadati.

Il Portale del Sistema Cartografico Nazionale (www.atlanteitaliano.it) ha adottato come standard di produzione della metainformazione l'ISO 19115.

7.3 Metainformazione, condivisione, interoperabilità della Informazione Geografica

Tutti gli sforzi da tempo intrapresi dalle comunità tecniche, accademiche ed anche politiche, descritti fino ad ora, per cercare di convergere su un unico standard di produzione di metainformazione, trovano la loro ragione di esistere nel perseguimento della filosofia della interoperabilità dei dati, della loro fruibilità e facilità di utilizzo da parte di tutti. I due concetti di standard e di interoperabilità quando sono *reali* e realizzati in una corretta struttura di riferimento producono i seguenti risultati:

- semplificano la cooperazione e l'integrazione attraverso la diffusione di dati e di informazioni sui dati;
- incoraggiano la condivisione, con conseguente crescita, di conoscenza tra contesti differenti.

Quando si parla di interoperabilità e scambio di dati attraverso l'uso della meta informazione e definizione delle regole per la realizzazione di quest'ultima, non si può tralasciare di parlare del programma della Commissione Europea INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in Europe).

Il progetto europeo INSPIRE è stato avviato nel 2002. La sua missione principale è la realizzazione della European Spatial Data Infrastructure (ESDI) per aumentare l'efficienza nella produzione di informazione geografica e l'efficacia nella condivisione della informazione geografica stessa nel campo dei dati ambientali.

La priorità è data alle informazioni che riguardano l'ambiente in quanto i problemi ambientali sono quelli che richiedono un più immediato accesso a diversi tipi di informazioni geografiche. Per avvalorare questa tesi un esempio per tutti può essere costituito dalla gestione dei disastri naturali: l'alluvione causata dal fiume Danubio che ha costituito un problema ambientale a livello europeo e il suo monitoraggio ha richiesto l'accesso in tempo reale a tutta l'informazione geografica e socioeconomica disponibile da utilizzare sia per il lancio di eventuali segnali di allerta sia per il calcolo dei danni a disastro avvenuto ecc.

INSPIRE prevede inoltre la costruzione dei servizi necessari per tale condivisione di informazione geografica con la messa a punto di servizi integrati basati su un network distribuito di database tra di loro connessi e tali da assicurare la compatibilità e l'interoperabilità per la visualizzazione delle informazioni, la possibilità di fare degli *overlay* di dati provenienti da diversi database (che sono in rete e seguono le specifiche dettate dal progetto), la possibilità di effettuare analisi spaziali su tali dati acquisiti ecc.

Tuttavia il concetto di infrastruttura di dati spaziali non è nato con il programma europeo INSPIRE, bensì negli Stati Uniti d'America nei primi anni '90 dove venne creata, sostanzialmente per limitare le spese annuali di acquisizione e gestione dell'informazione geografica, la National Spatial Data Infrastructure (NSDI) (figura 7.6).



Figura 7.6 - Home page del National Spatial Data Infrastructure (NSDI)

La NSDI americana racchiude in sé e prende in considerazione tutti gli aspetti che sono coinvolti nella creazione e nell'utilizzo di informazione geografica come: le tecnologie (Internet) coinvolte, le politiche da adottare, gli standard da usare, le risorse umane e finanziarie da destinare per acquisire, mantenere, distribuire e favorire l'accesso e l'uso di dati geografici (Executive Order 12906, April 13, 1994).

Tra gli obiettivi attuali dell'NSDI primeggiano:

- la promozione dell'uso e riuso degli stessi dati spaziali per la risoluzione o la descrizione di problematiche diverse da parte di pubbliche amministrazioni, enti di ricerca, università ecc.
- l'organizzazione dei servizi necessari a rendere possibile quanto appena detto permettendo il ritrovamento e soprattutto l'accesso alla informazione geografica richiesta da parte di tutti gli interessati.

A questo proposito torna a giocare un ruolo importantissimo la tecnologia Internet che si ripropone come lo strumento essenziale per fornire un tale tipo di *dialogo* tra consumatori di dati geografici e *providers* degli stessi, sui quali ricade l'onere del reperimento del dato stesso, così come il compito di verificarne la bontà, di creare l'adeguata metainformazione per renderlo *visibile*, di definire le regole di accesso e di uso del dato ecc. (geodata.gov).



Figura 7.7 - NSDI National Geospatial Data Clearinghouse

Un'altra recente conseguenza delle funzionalità offerte dalle tecnologie Internet, e che caratterizza l'NSDI, è la *National Geospatial Data Clearinghouse* (figura 7.7).

La *National Geospatial Data Clearinghouse* consiste in una rete distribuita di dati spaziali composta dall'insieme di produttori, gestori, utilizzatori (Executive Order, 1994) connessi gli uni con gli altri in rete: una sorta di campus all'interno del quale si intrecciano e si dipanano una serie di richieste e di offerte di informazione geografica. La ricerca dei dati può essere eseguita attraverso diverse modalità come: la localizzazione (trovare tutti i dati di un certo tipo che si trovano in una certa località), intervallo temporale (trovare tutti i dati di un certo tipo all'interno di un determinato intervallo temporale), il tipo di dato (trovare tutti i dati che corrispondono ad una certa caratteristica), l'attributo di un dato (trovare tutti i dati che hanno un certo tipo di attributo) ecc.

La Clearinghouse network pubblica insieme di metadati presenti all'interno della Clearinghouse stessa che descrivono le mappe ed i dati disponibili all'interno di ciascuna area di responsabilità e di giurisdizione, documentando la qualità del dato, le caratteristiche e l'accessibilità.

Ogni insieme di metadati, meglio conosciuto come Clearinghouse Node, è tenuto da una organizzazione che pubblica tali metadati all'interno della NSDI (<http://clearinghouse1.fgdc.gov/FGDCgateway.htm>). Attualmente ci sono circa un centinaio di server di dati spaziali che compongono la suddetta Clearinghouse.

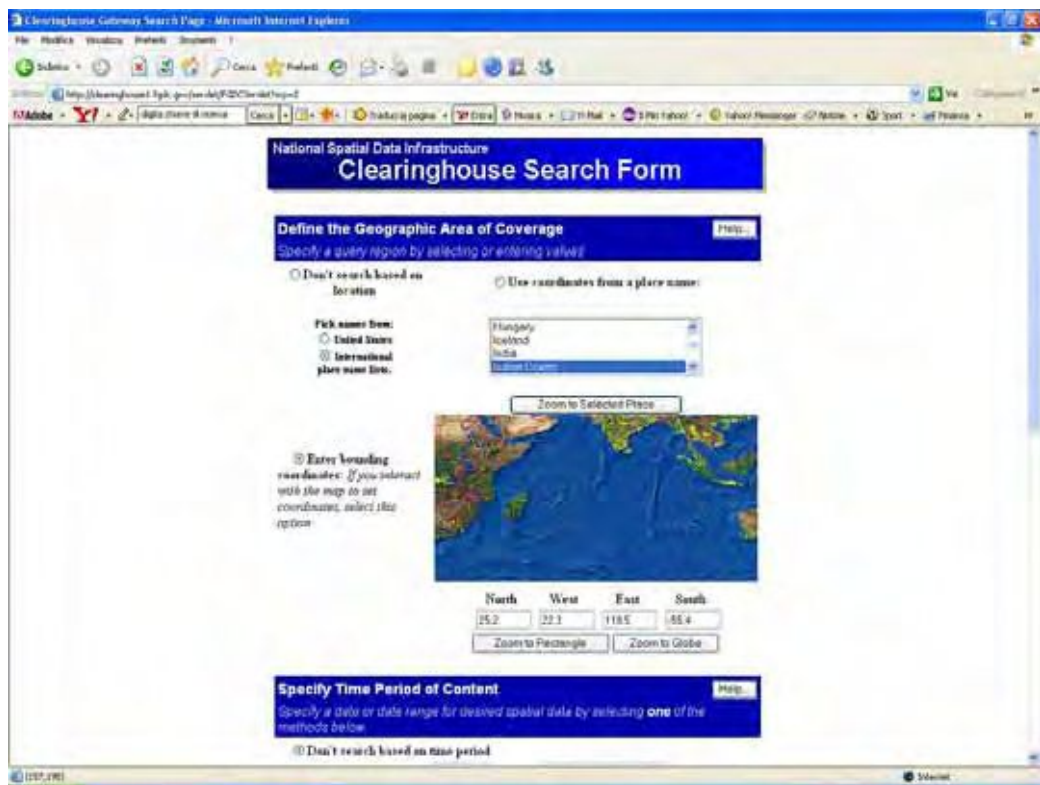


Figura 7.8 - NSDI Cleringhouse: ricerca dei dati

Dalla homepage del sito della NSDI - National Geospatial Data Clearinghouse (figura 7.7) è possibile accedere a tutta la metainformazione disponibile sulla rete e racchiusa nei nodi visualizzati sulla carta che sono: AlaskaGDC, EDC, ESRI, FGDC, NRCS, NOAA CSC. In modo del tutto interattivo è possibile dunque accedere, tramite un click sul nodo prescelto, alla metainformazione presente sul nodo selezionato.

Cliccando, per esempio, sul nodo della FGDC (figura 7.7), si accede alla pagina mostrata in figura 7.8 attraverso la quale è possibile, tramite la semplice definizione di alcuni parametri di ricerca, accedere all'informazione geografica desiderata.

APPENDICE: ESERCITAZIONI

Come precisato nel paragrafo 6.3 di questo libro, nell'ambito del Forum *SIGEO* (paragrafo 6.4) sono state anche messe a punto da chi scrive delle esercitazioni/dimostrazioni sulle potenzialità offerte dal software ArcView della ESRI.

Scopo delle dimostrazioni è quello di facilitare l'utente nell'eventuale utilizzo del software ArcView mostrando con l'ausilio di numerose figure, i vari passi da compiere per realizzare una serie di funzioni ed operazioni sui dati di un GIS.

Il livello delle dimostrazioni/esercitazioni è volutamente semplice essendo esse indirizzate a persone non esperte di software GIS, ed è bene inoltre precisare che la scelta di realizzarle in ArcView è stata dettata da motivi elusivamente pratici: esistono infatti numerosi altri software in grado di soddisfare le medesime esigenze.

Il Modulo Esercitazioni è composto dalle seguenti Dimostrazioni:

Dimostrazione 1: Rappresentazione di dati territoriali mediante simboli. Esempio di simbolizzazione dei temi: centri abitati (ArcView).

La dimostrazione 1 si propone di descrivere il percorso che un utilizzatore del software GIS ArcView deve percorrere per simbolizzare *features* come centri abitati (*polygon*), utilizzando anche tecniche di tematizzazione a reticolo trasparente.

Dimostrazione 2: Come *agganciare* dei dati tabellari ad un territorio (ArcView).

Scopo di questa dimostrazione è quello di mostrare come *agganciare* dati elencati in tabelle Excell, o tabelle di formato testo, ad una determinata porzione di territorio che già costituisce uno strato informativo in un GIS. La dimostrazione guida anche l'utente nei passi successivi di tematizzazione, per classi di appartenenza, dei dati tabellari agganciati.

Dimostrazione 3: Creazione di uno strato informativo come sottoinsieme di uno strato informativo più generale (ArcView).

La dimostrazione 3 si prefigge l'obiettivo di mostrare come selezionare un sotto insieme di features da un insieme più grande.

Nel caso della dimostrazione 3 qui proposta, lo strato informativo da cui operare una selezione è quello dei fiumi europei. La dimostrazione consiste nel selezionare da questo strato informativo alcuni grandi fiumi, convertire la selezione in *shapefile*, ottenendo così un nuovo strato informativo "*Grandi fiumi*", e tematizzarlo in modo diverso rispetto ai fiumi dello strato tematico di partenza.

Dimostrazione 4: percorso di esercitazione da realizzare con il software ArcExplorer.

Nell'ambito delle attività proposte all'interno del Forum *SIGEO* si è anche data l'opportunità ai partecipanti di sperimentare il funzionamento di alcune piccole funzioni di tematizzazione attraverso l'uso del software ArcExplorer, mettendo loro a disposizione alcuni strati informativi geografici.

A.1 Dimostrazione 1: Rappresentazione di dati territoriali mediante simboli. Esempio di simbolizzazione dei temi: centri abitati (ArcView)

La esercitazione/dimostrazione qui di seguito riportata si propone di descrivere il percorso che un utilizzatore del software GIS ArcView deve percorrere per simbolizzare *features* come centri abitati (*polygon*).

Nella mappa di figura A1.1 è rappresentata una parte di territorio per la quale si dispone di alcuni strati tematici territoriali. Come si può vedere dagli strati tematici presenti in figura 1 alcuni di loro sono già stati simbolizzati: i laghi, che sono *shape polygon*, sono stati colorati di azzurro; per i fiumi, che sono *shape polyline*, è stato scelto il simbolo line ed è stato colorato di blu; i confini comunali sono *shape polygon* ed in questo caso la parte poligonale dello strato informativo è simbolizzata in trasparenza (il poligono è vuoto, non colorato), mentre la parte *line* (che sono poi i confini comunali veri e propri) sono simbolizzati con una linea rossa.

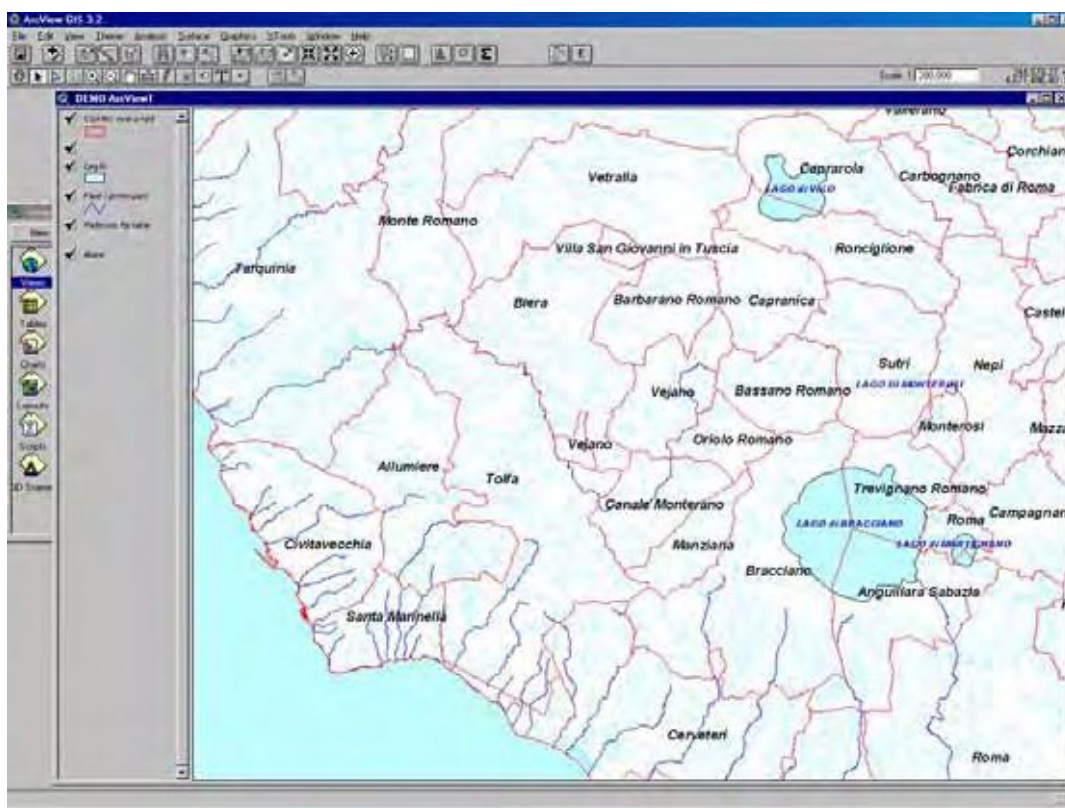


Figura A1.1

Introduciamo ora un altro strato tematico per arricchire la nostra mappa, ad esempio i centri abitati.

Per fare questo è necessario seguire i seguenti passi (figura A1.2):

- ✓ cliccare sul pulsante Add Theme

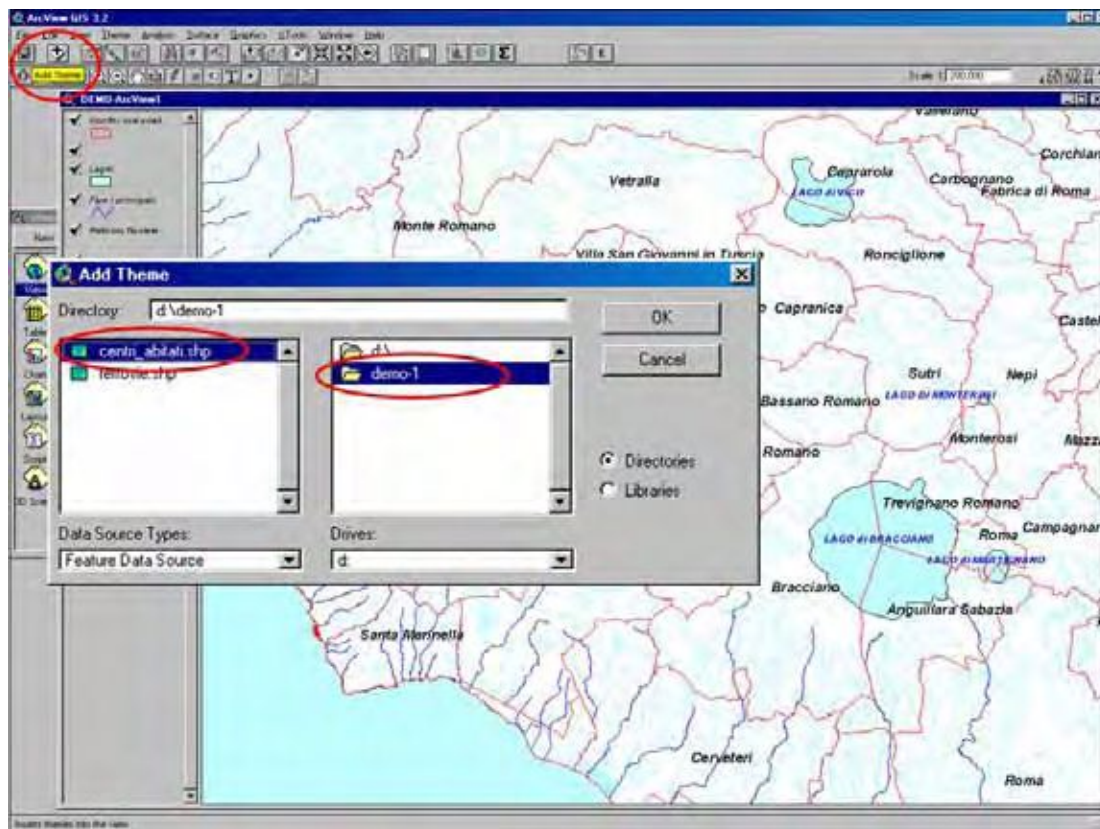


Figura A1.2

Si apre sullo schermo una finestra che mostra dove andare a prendere lo strato informativo centri abitati.

✓ *Doppio click sullo strato informativo centri-abitati.shp*

e tale strato informativo risulterà caricato nella parte sinistra della finestra di ArcView in cima alla lista dei temi già presenti come si può vedere dalla figura A1.3.

Lo strato informativo appena caricato è uno *shape polygon* per cui il software GIS propone di *default* un simbolo di rettangolo e lo colora (a caso), ad esempio di marrone (figura A1.3).

A questo punto sta all'utente del software GIS simbolizzare nel modo più opportuno, e soprattutto più consono alle proprie necessità, lo strato informativo centri-abitati.shp.

La prima cosa da fare è attivare il tema stesso in modo che esso risulti, oltre che caricato nel progetto, anche visibile sulla mappa e questo si ottiene:

✓ *clickando il quadratino accanto al nome centri-abitati.shp (figura A1.4).*

Una volta cliccato questo quadratino le estensioni dei centri abitati, presenti nell'area in esame, compariranno sulla mappa (figura A1.4).

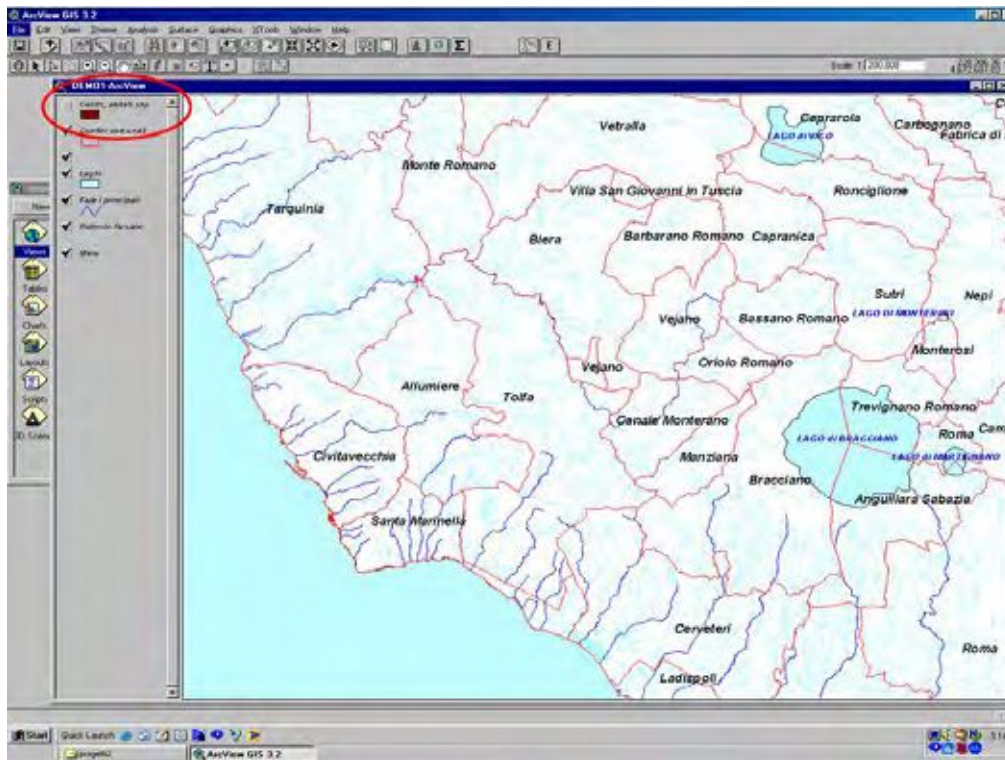


Figura A1.3

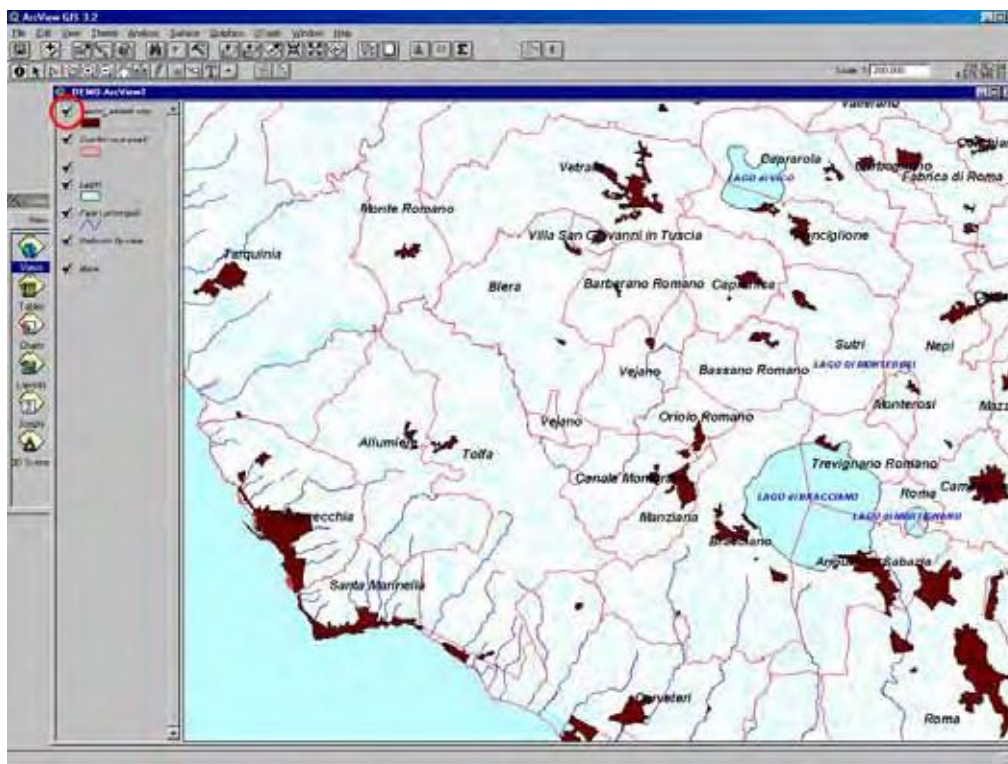


Figura A1.4

A questo punto si procede alla simbolizzazione dello strato informativo centri-abitati.shp seguendo i seguenti passi come mostrato nella figura A1.5:

- ✓ Doppio clic su centri-abitati.shp.

Si apre al finestra di Legend Editor

- ✓ Doppio clic su Symbol

Si apre la finestra di Fill Palette.

Muovendo il cursore presente all'interno della finestra scegliere un simbolo a rigatura diagonale.

- ✓ Ciccare sul bottone Apply della precedente finestra di Legend Editor (figura A1.5).

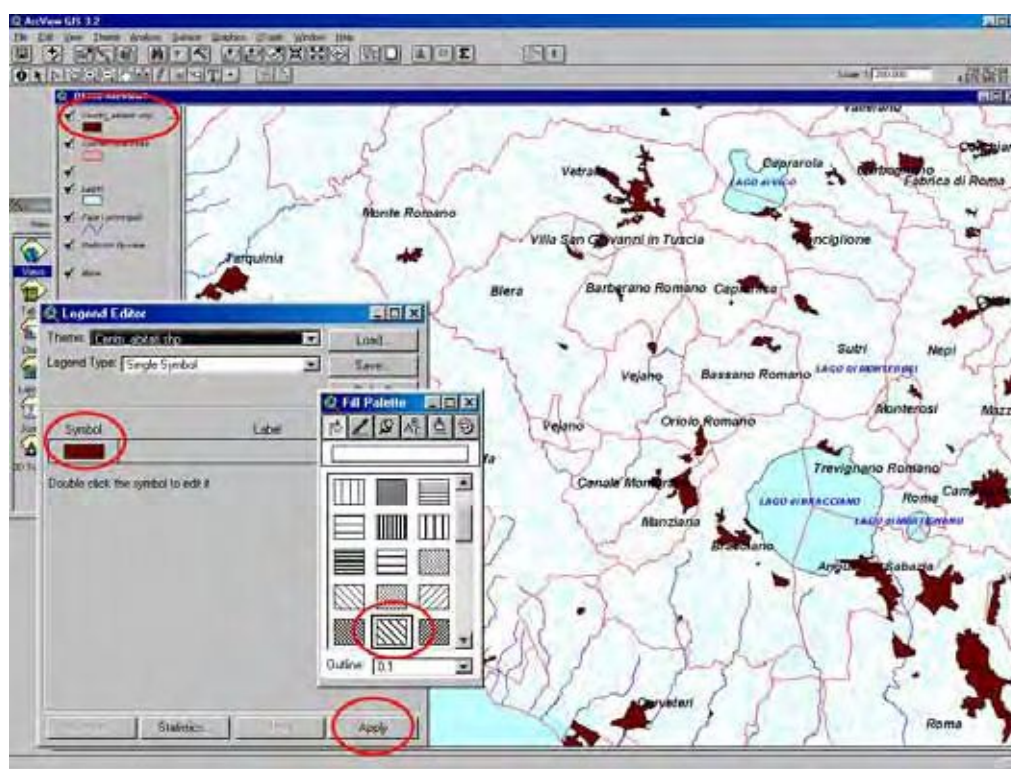


Figura A1.5

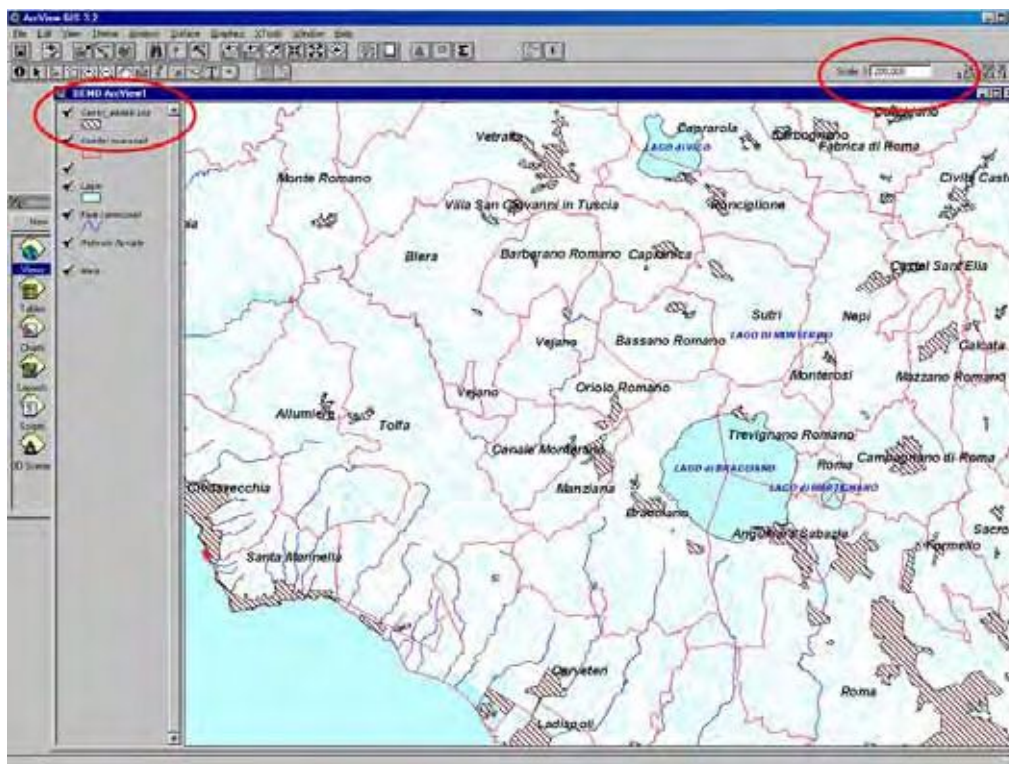


Figura A1.6

A questo punto la tematizzazione è stata effettuata (figura A1.6).

Ad un più attento esame della mappa tematica, che si può ottenere cambiando la scala della mappa stessa, scrivendo 100,000 posto di 200,000 nell'apposito campo in alto a destra della finestra di lavoro del progetto ArcView (figura A1.6), si nota che la estensione dello strato informativo centri-abitati "copre" i sottostanti temi presenti nella mappa che, nel caso dell'esempio, è lo strato tematico fiumi (figura A1.7).

È necessario allora rendere trasparente lo strato tematico centri-abitati e per farlo è necessario procedere nel modo illustrato in figura A1.8.

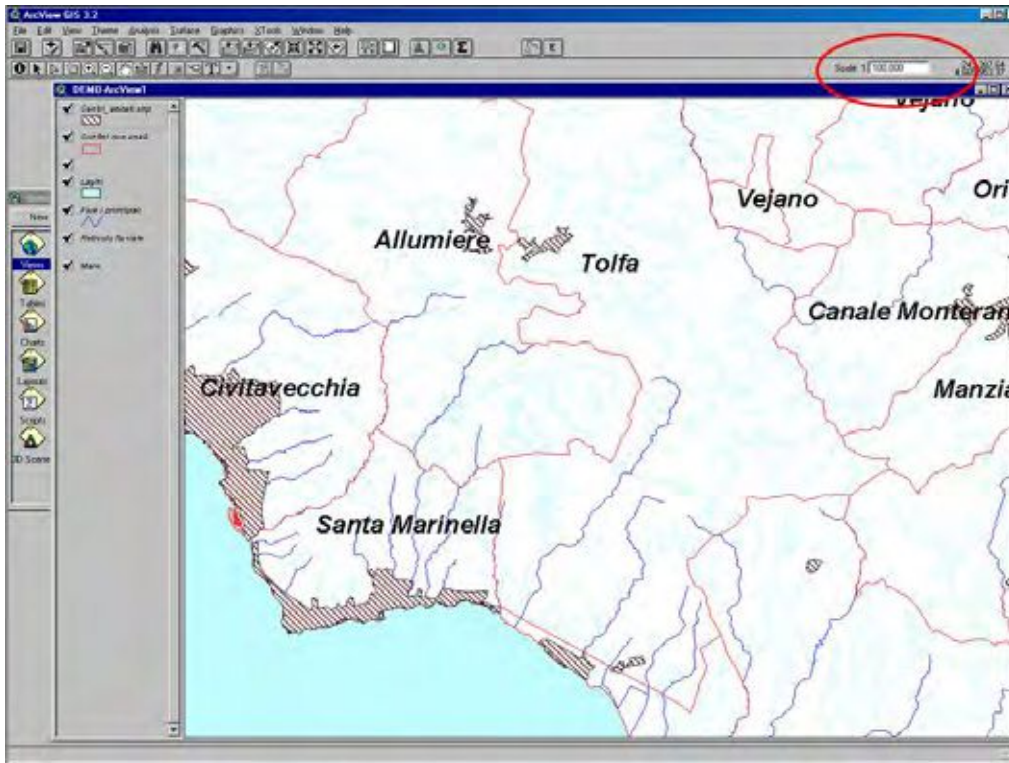


Figura A1.7

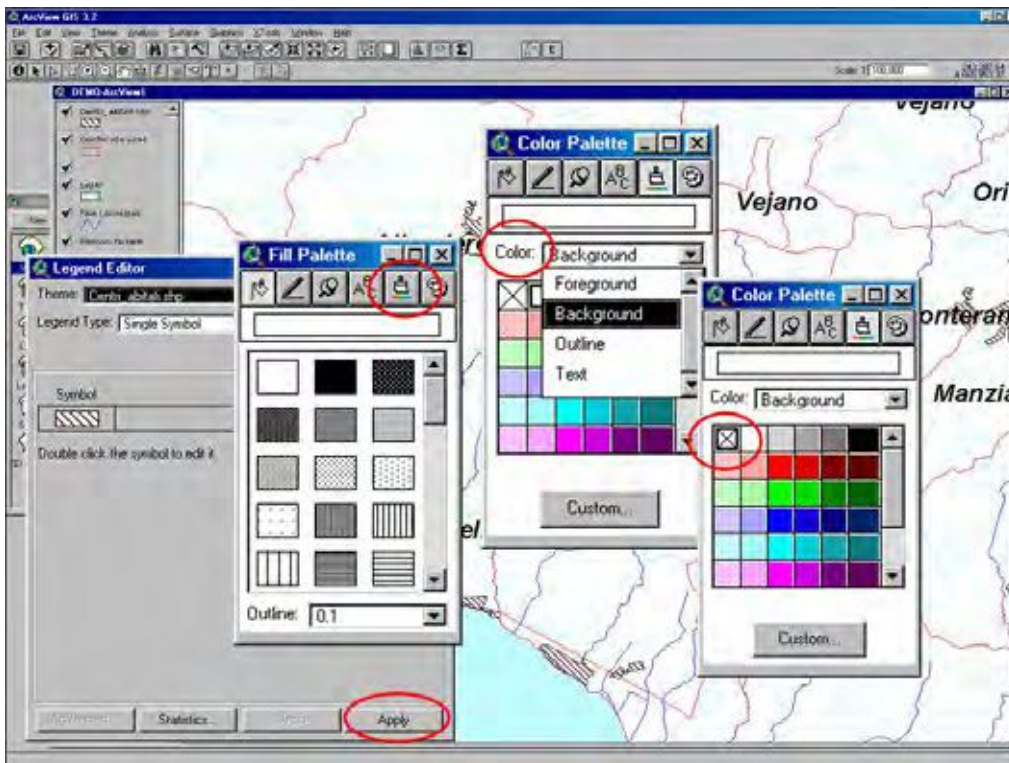


Figura A1.8

- ✓ *Doppio click su centri abitati,*
si apre la finestra di Legend Editor
- ✓ *Doppio click su Symbol,*
si apre la finestra Fill Palette
- ✓ *Selezionare il bottoncino Pennello per accedere alla finestra della Color Palette*
- ✓ *Selezionare dalla apposita tendina Color la voce BackGround*
- ✓ *Scegliere il primo bottoncino a sinistra (riempimento trasparente) e cliccare il bottone Apply della finestra di lavoro Legend Editor (figura A1.8).*

Come si può verificare dalla mappa ottenuta e mostrata in figura A1.9, a seguito della operazione appena descritta, l'estensione dello strato informativo centri-abitati è "trasparente" ed è possibile seguire il corso dei fiumi che sono rappresentati nello strato informativo sottostante.

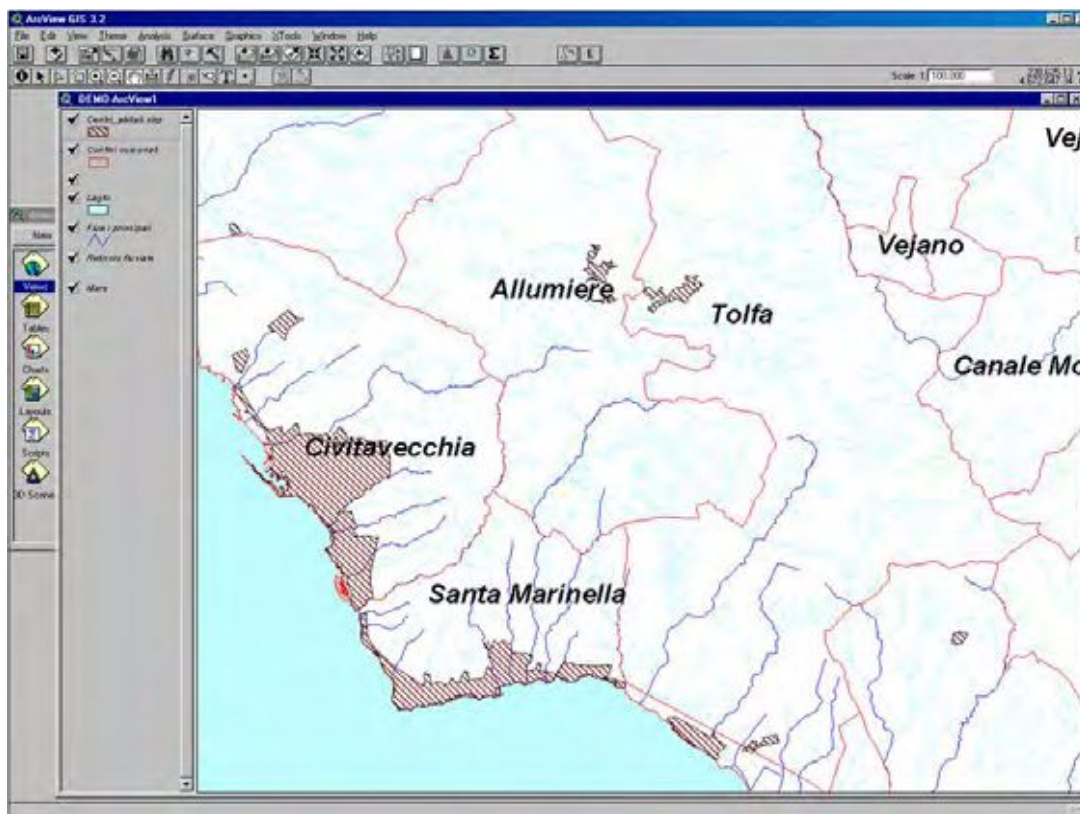


Figura A1.9

A.2 Dimostrazione 2: Come *agganciare* dei dati tabellari ad un territorio (ArcView)

Scopo di questa dimostrazione è quello di mostrare come *agganciare* dati elencati in tabelle Excel, o tabelle di formato testo, ad una determinata porzione di territorio che già costituisce uno strato informativo in un GIS.

Lo strato informativo di cui si dispone per questa esercitazione, come si può vedere dalla figura A2.1, è già stato caricato nel GIS ed è lo strato Regioni-Italiane.

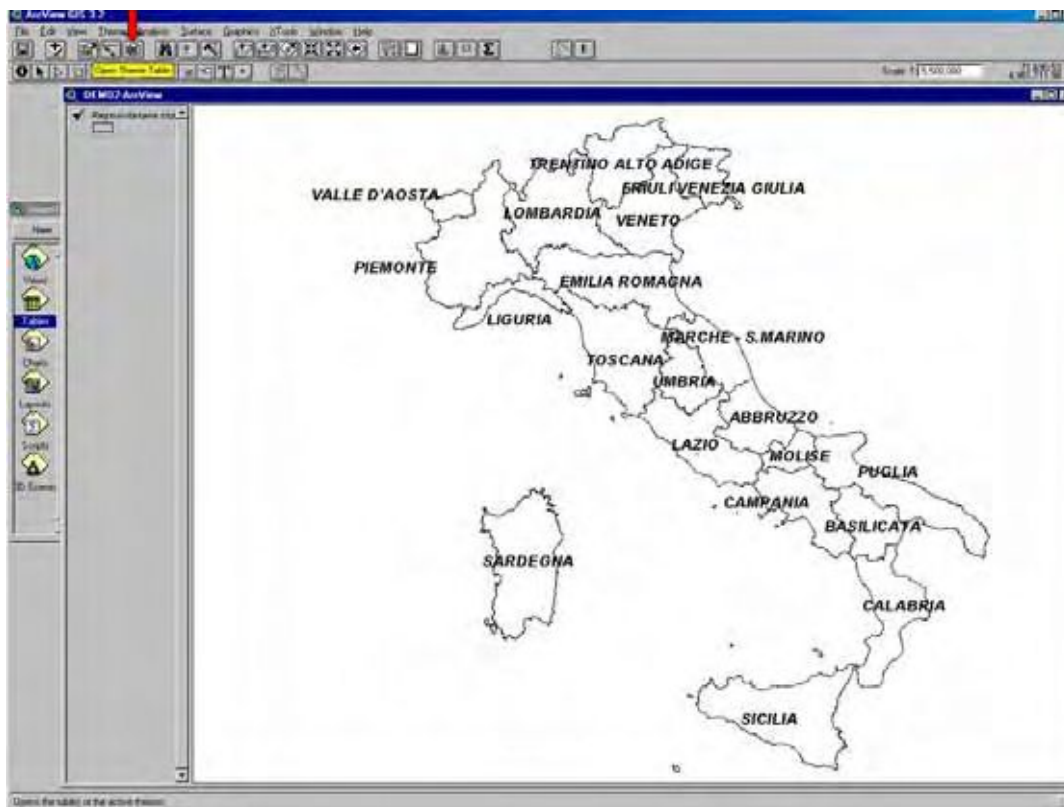


Figura A2.1

Il file di dati in formato testo di cui si dispone e che si vuole *agganciare* e tematizzare nel GIS è il file contenente il numero degli utenti del corso *SIGEO* per Regione ed è mostrato in figura A2.2. Quindi lo scopo di questa piccola esercitazione è di creare lo strato informativo “distribuzione degli utenti *SIGEO* per Regione” e di tematizzare il risultato così ottenuto colorando le Regioni Italiane secondo la classe “numero degli iscritti”.

Si parte visualizzando il contenuto della tabella degli attributi dello strato informativo Regioni-Italiane. Per fare ciò:

- ✓ *clickare sul bottoncino Open Theme Table (come mostrato in figura A2.1)*

e si apre la tabella degli attributi relativa al tema Regioni-italiane come mostrato in figura A2.3.

<i>Regione</i>	<i>N-utenti</i>
ABRUZZO	8,00
BASILICATA	8,00
CALABRIA	23,00
CAMPANIA	49,00
EMILIA ROMAGNA	15,00
FRIULI VENEZIA GIULIA	3,00
LAZIO	98,00
LIGURIA	12,00
LOMBARDIA	24,00
MARCHE - S. MARINO	3,00
MOLISE	5,00
PIEMONTE	13,00
PUGLIA	23,00
SARDEGNA	21,00
SICILIA	43,00
TOSCANA	18,00
TRENTINO ALTO ADIGE	2,00
UMBRIA	2,00
VALLE D'AOSTA	0,00
VENETO	10,00

Figura A2.2

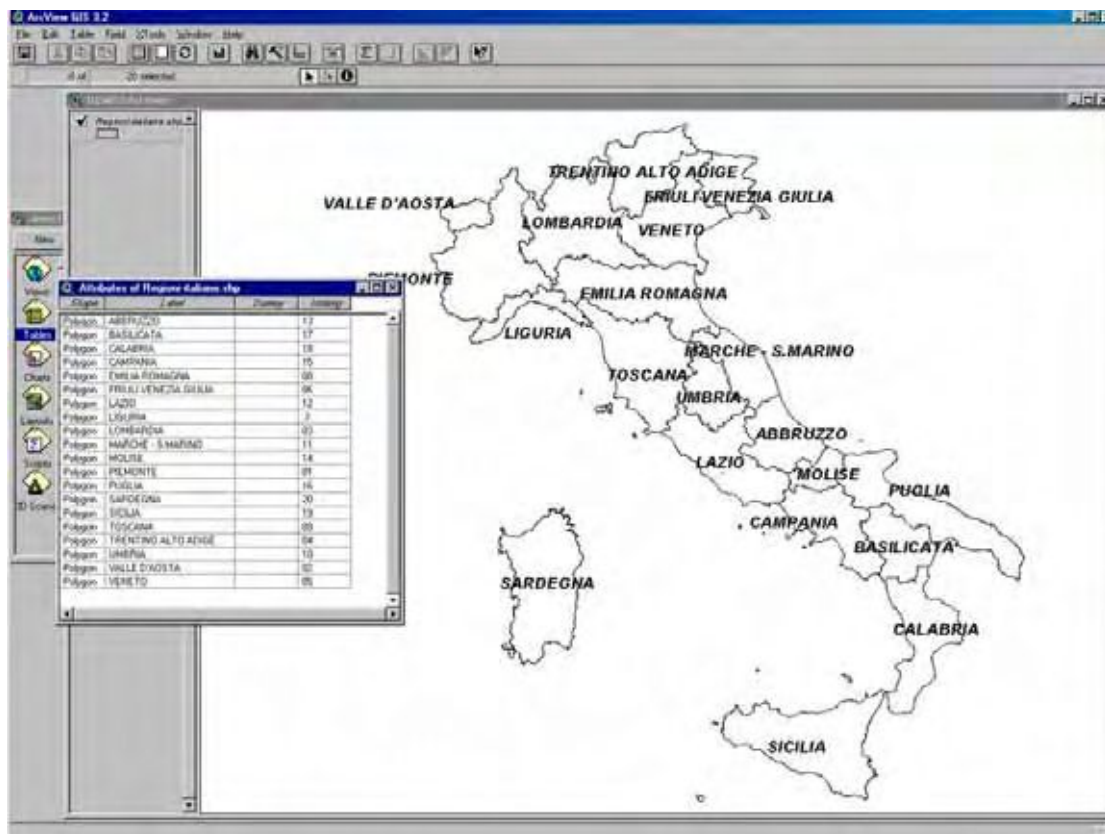


Figura A2.3

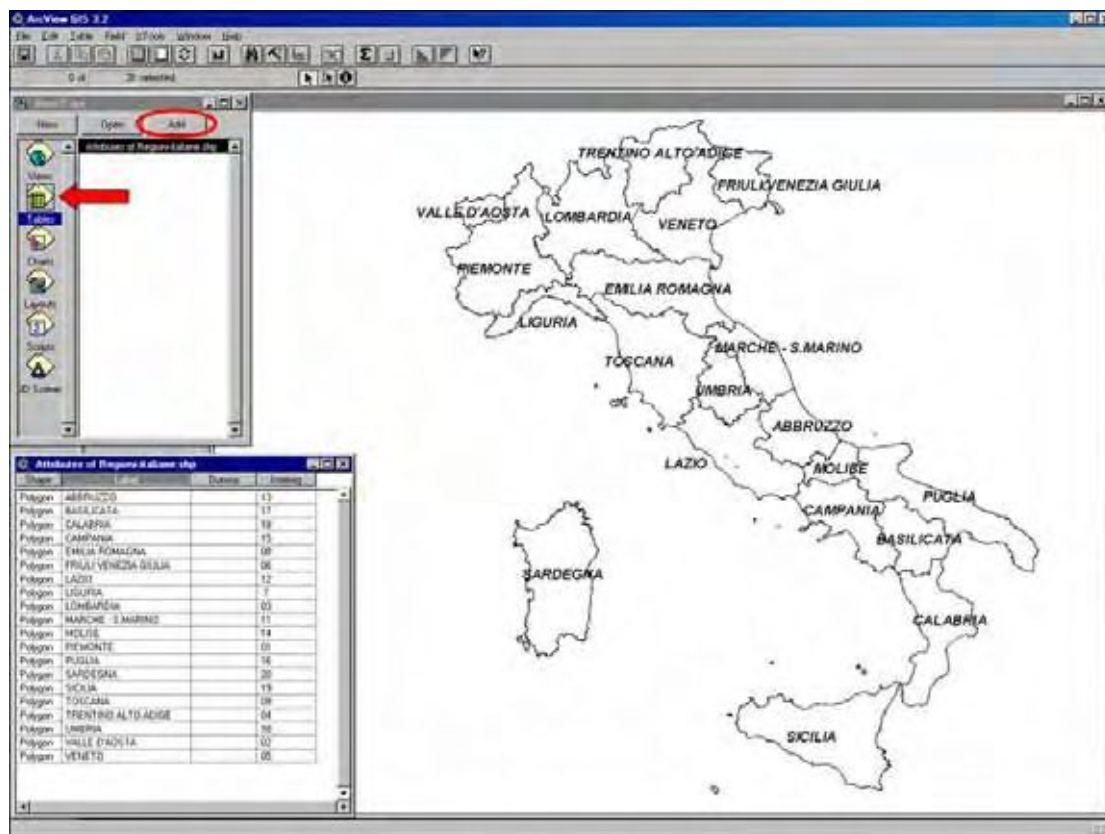


Figura A2.4

A questo punto, come viene indicato nella figura A2.4, è necessario

- ✓ *clikkare sopra l'icona Tables (lato sinistro della finestra di lavoro ArcView)*

per accedere al folder contenente il file da agganciare allo strato tematico in oggetto.

Dopo avere operato

- ✓ *un doppio klik sul bottone Add (figura A2.4),*

si apre infatti la finestra Add Table come mostrato in figura A2.5.

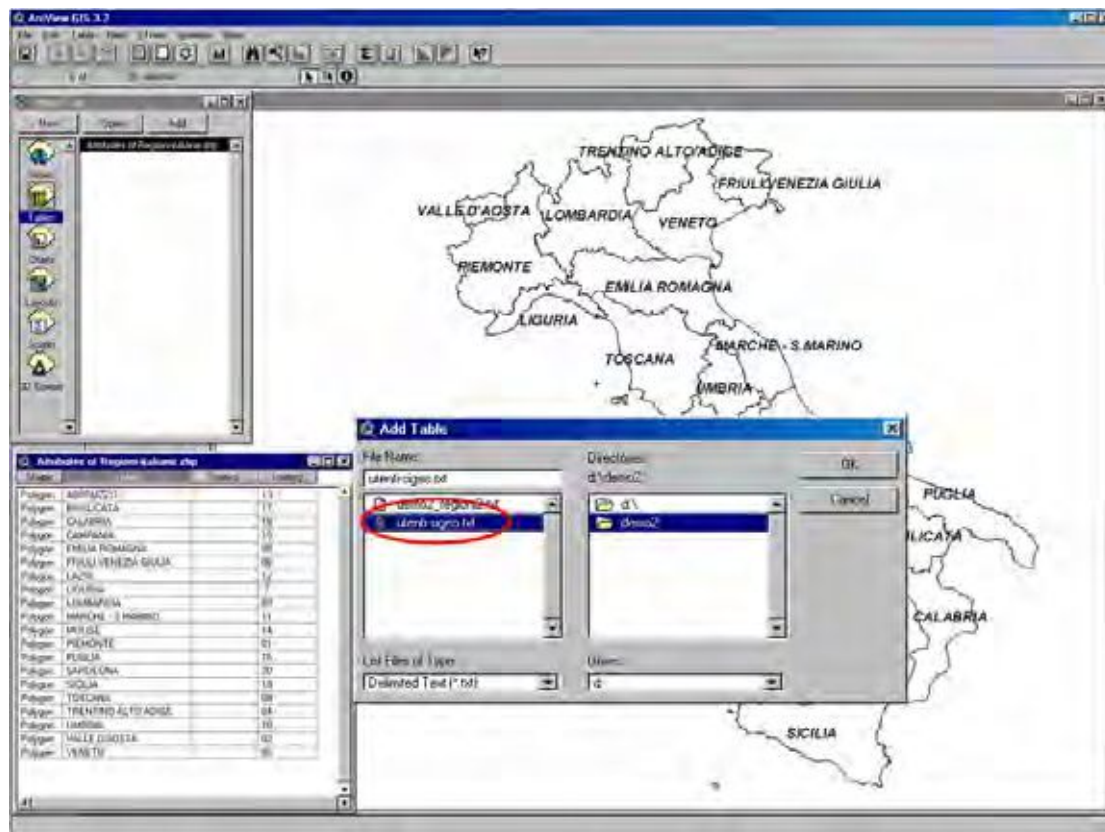


Figura A2.5

All'interno della finestra Add Table selezionare quindi il file utenti-sigeo e poi

✓ *clickare sul bottone OK.*

La tabella richiamata è così comparsa all'interno dell'area di lavoro di ArcView come si evince dalla figura A2.6.

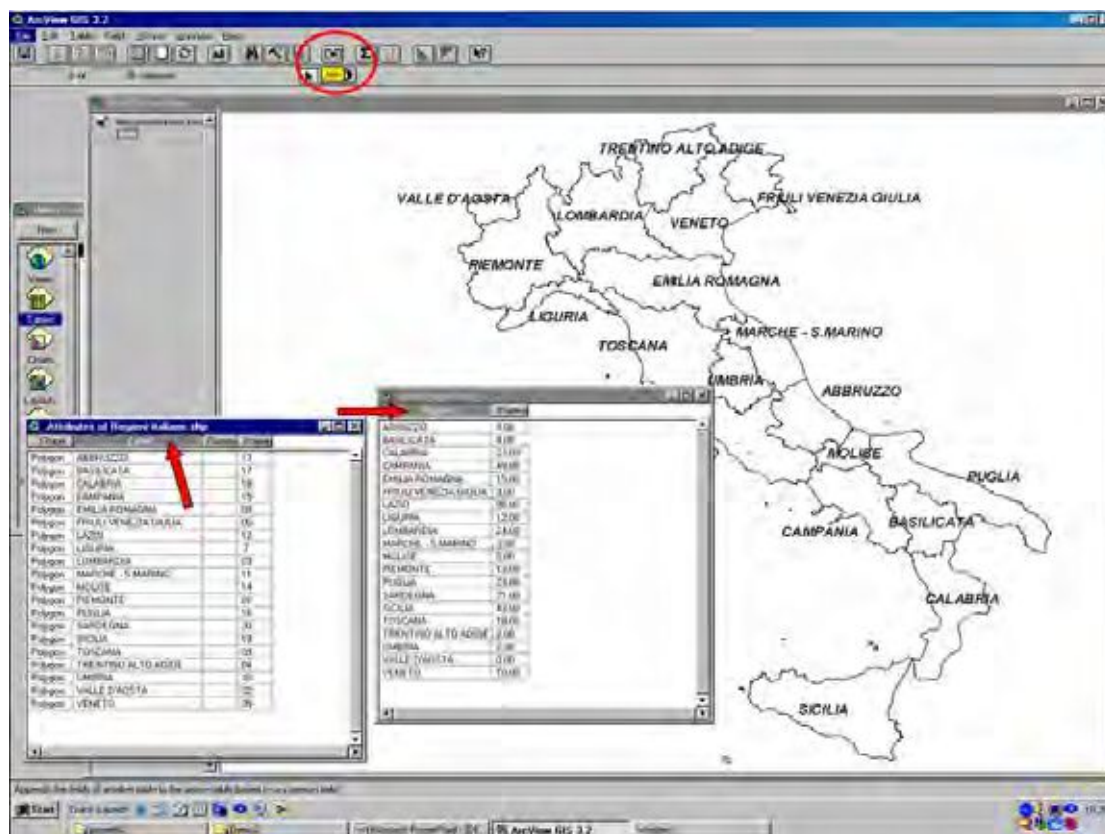


Figura A2.6

A questo punto bisogna compiere i passi necessari per legare i dati della tabella appena caricata nel GIS al tema Regioni Italiane.

Per fare ciò si procede operando i seguenti passi come indicato nella figura A2.6:

- ✓ selezionare (cliccandoci sopra) il campo Regione della tabella utenti-sigeo
- ✓ selezionare (cliccandoci sopra) il campo Label della tabella Attributes of Regioni-Italiane.shp.
- ✓ cliccare il bottone della funzione Join come mostrato in alto alla figura A2.6.

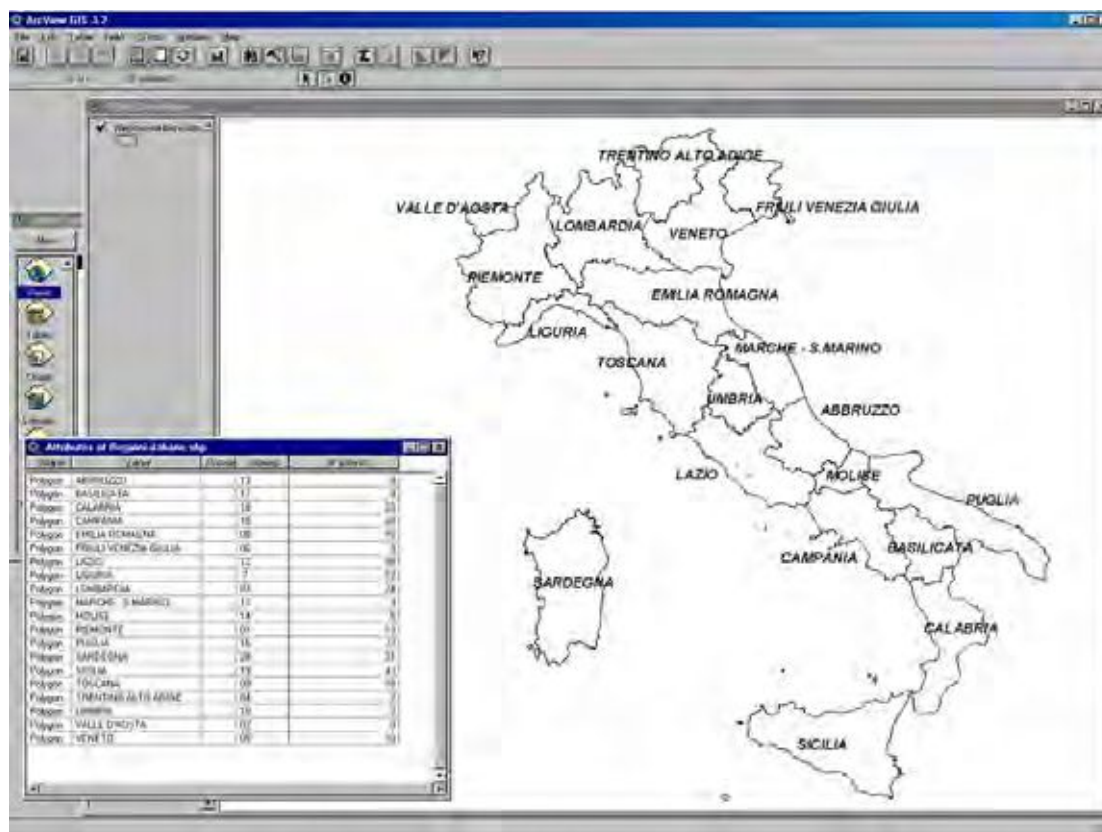


Figura A2.7

Nella figura A2.7 è mostrato il risultato della funzione *Join* appena realizzata che si è tradotto nell'unire le due tabelle precedenti in una unica tabella attributi del tema Regioni-italiane in oggetto.

A questo punto possiamo procedere alla tematizzazione del nuovo dato territoriale: numero degli iscritti al corso *SIGEO* per Regione.

Per fare ciò è necessario operare i passi qui sotto indicati e mostrati nella figura A2.8:

- ✓ doppio click sul tema *Regioni-Italiane.shp*

che farà aprire la finestra di Legend Editor (figura A2.8).

Poiché lo scopo della nostra piccola dimostrazione è quello di tematizzare dato territoriale numero di utenti *SIGEO* appartenenti alle diverse regioni italiane, è necessario procedere nel seguente modo:

- ✓ scegliere, dalla tendina *Legend Type*, la voce *Graduated Color* (figura A2.8).

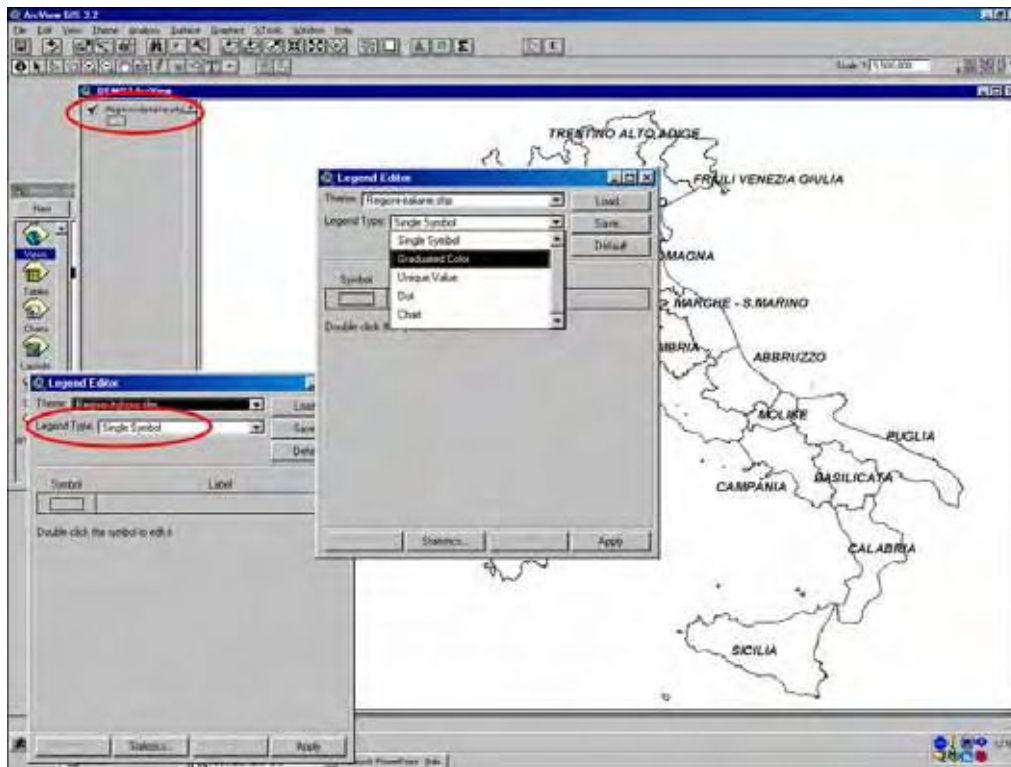


Figura A2.8

Tale scelta provocherà l'apertura della finestra mostrata in figura A2.9.

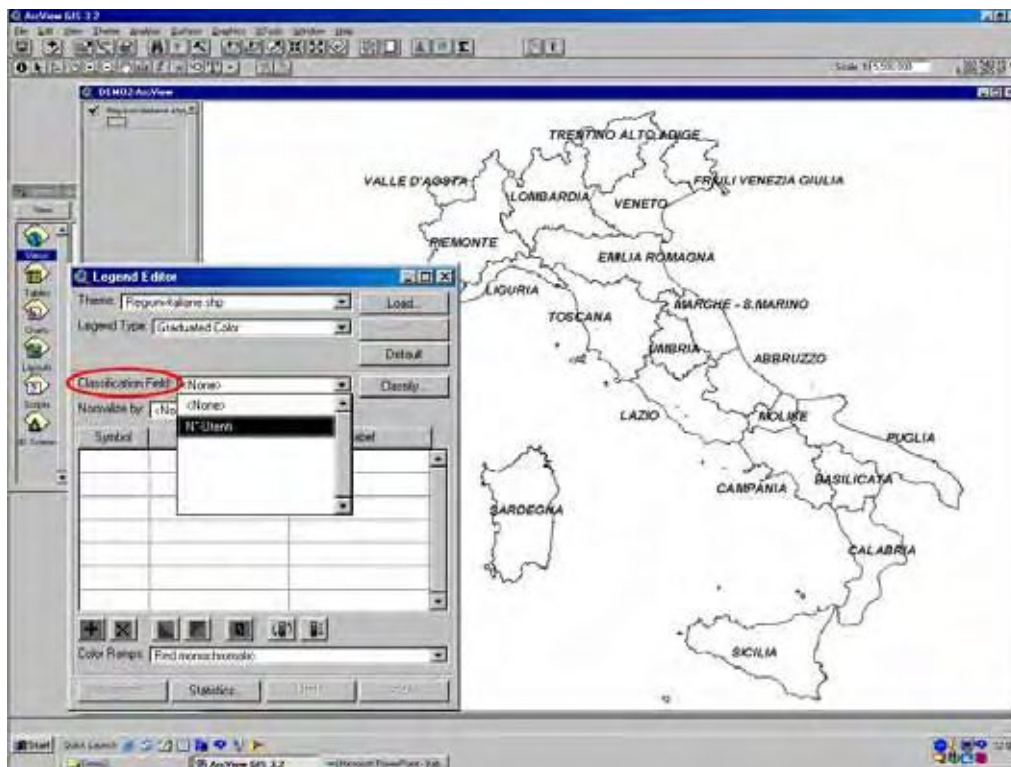


Figura A2.9

A questo punto è necessario

- ✓ *selezionare dalla tendina del Classification Field,*

l'attributo che si vuole tematizzare e cioè la voce N°-utenti (figura A2.9). Una volta selezionato l'attributo desiderato, nella sottostante area di lavoro della tabella Legend Editor, comparirà la tematizzazione del tema in oggetto secondo un numero di classi che nel nostro caso sono poste di default a 5 (figura A2.10).

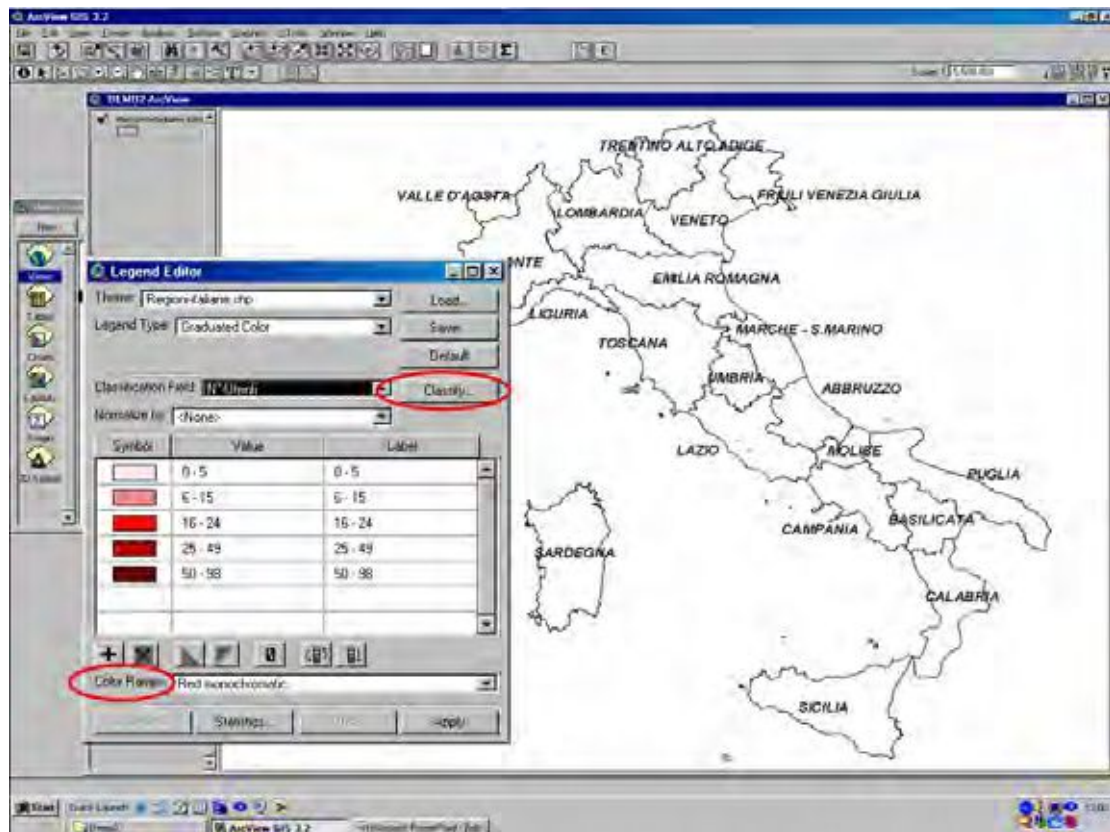


Figura A2.10

Nel caso in cui si volesse tematizzare il tema in un numero di classi diverso da quello di default basta cliccare sul pulsante Classify per accedere all'area di selezione delle classi. È importante notare che la gradazione dei colori si può scegliere e si può personalizzare a piacere usando

- ✓ *la facility Color Ramps presente nel lato basso della finestra mostrata in figura A2.10.*

A questo punto

- ✓ *cliccando il bottone di Apply della finestra di Legend Editor mostrata nella figura A2.10,*

si ottiene come risultato finale la carta tematica mostrata nella figura A2.11.

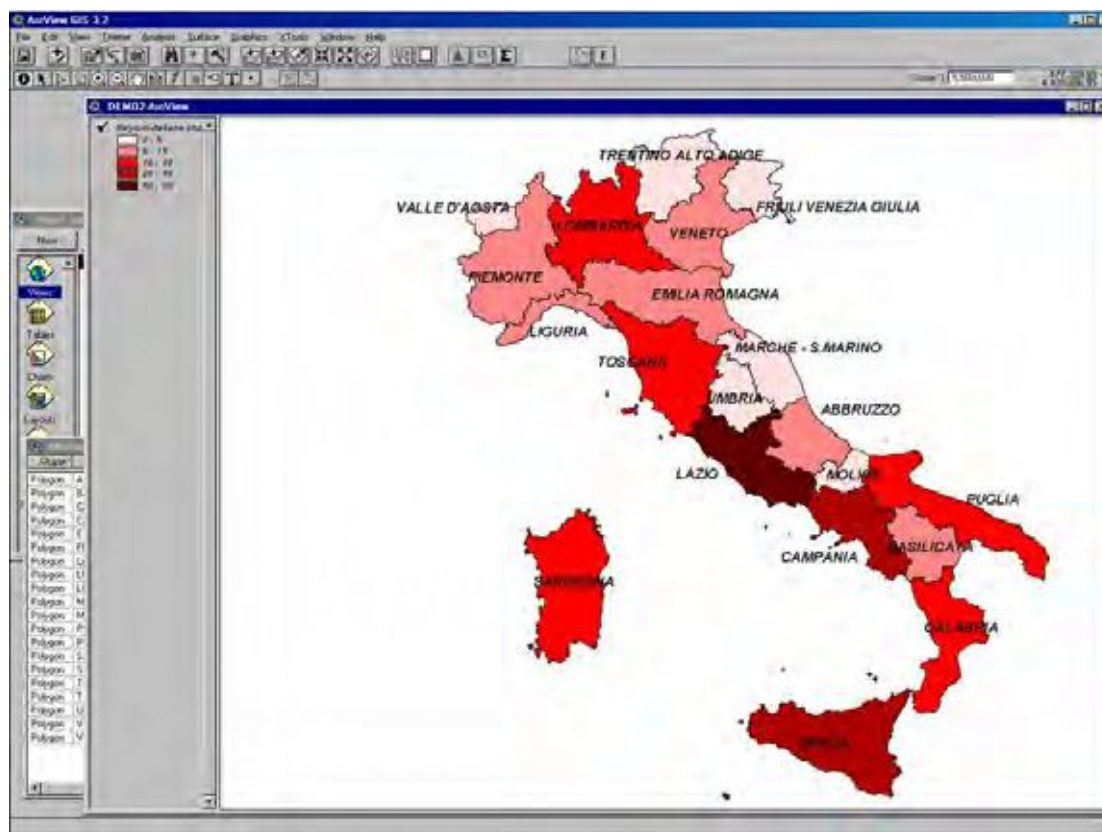


Figura A2.11

La mappa così ottenuta si differenzia da quella da cui eravamo partiti perché presenta la tematizzazione delle regioni italiane (rispetto al loro numero di studenti iscritti al corso *SIGEO*) secondo una scala di colore che in questo esempio come già spiegato è a 5 classi.

A.3 Dimostrazione 3: Creazione di uno strato informativo come sottoinsieme di uno strato informativo più generale (ArcView)

La seguente dimostrazione si prefigge l'obiettivo di mostrare come selezionare un sottoinsieme di *features* da un insieme più grande.

Nel nostro caso lo strato informativo di partenza da cui operare una selezione è quello dei fiumi europei che si chiama Water pattern: da questo strato informativo selezioneremo, in particolare, solo alcuni grandi fiumi e li tematizzeremo in modo diverso rispetto agli altri sulla mappa.

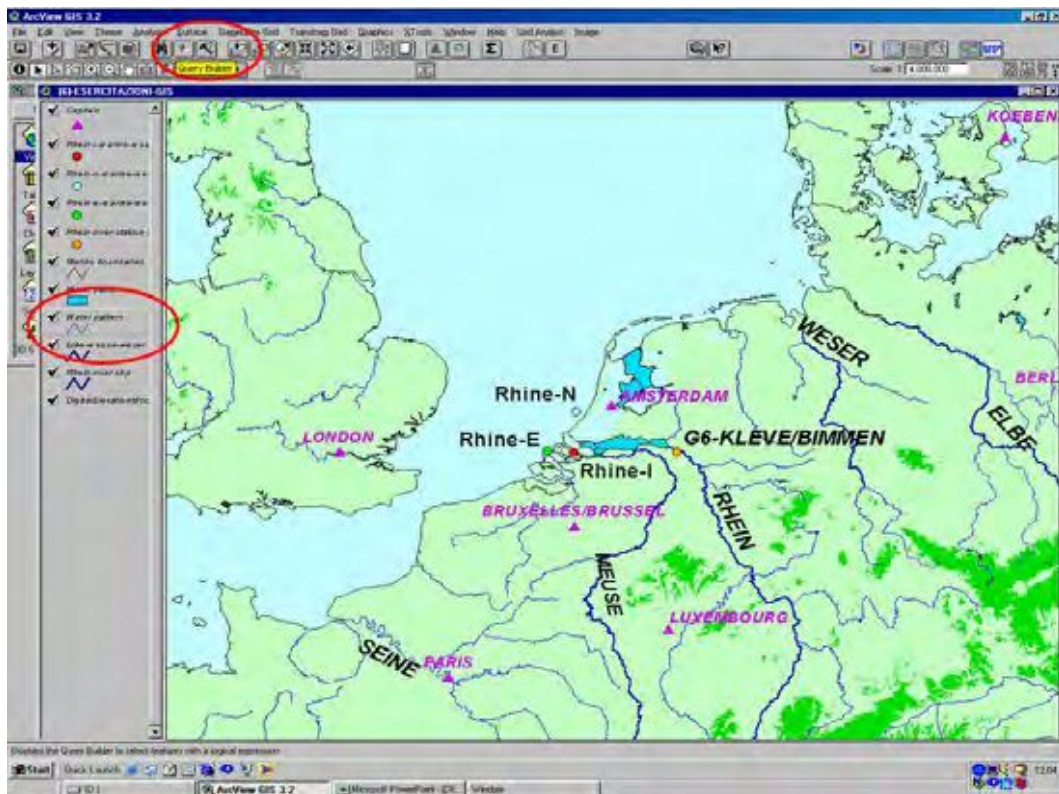


Figura A3.1

Partiamo dunque dalla figura A3.1, nella quale sono visualizzati alcuni strati informativi che costituiscono la base cartografica su cui andremo ad operare e che sono: i Confini Europei, le Capitali Europee, i mari, il modello digitale del terreno, una stazione di misura per la qualità delle acque presso il fiume Reno, alcune stazioni di misura alla foce dello stesso e lo strato informativo dei fiumi europei con il nome di Water pattern. Per procedere alla realizzazione della funzione menzionata è necessario che il tema da cui operare la selezione, sia attivo ed evidenziato nella parte sinistra della finestra che contiene la lista dei temi caricati nel GIS (figura A3.1).

Procedere quindi come mostrato in figura A3.1

✓ *cliccando sul bottoncino Query Builder (iconcina con martelletto)*

si ottiene l'apertura della finestra Water pattern come mostrato nella figura A3.2.

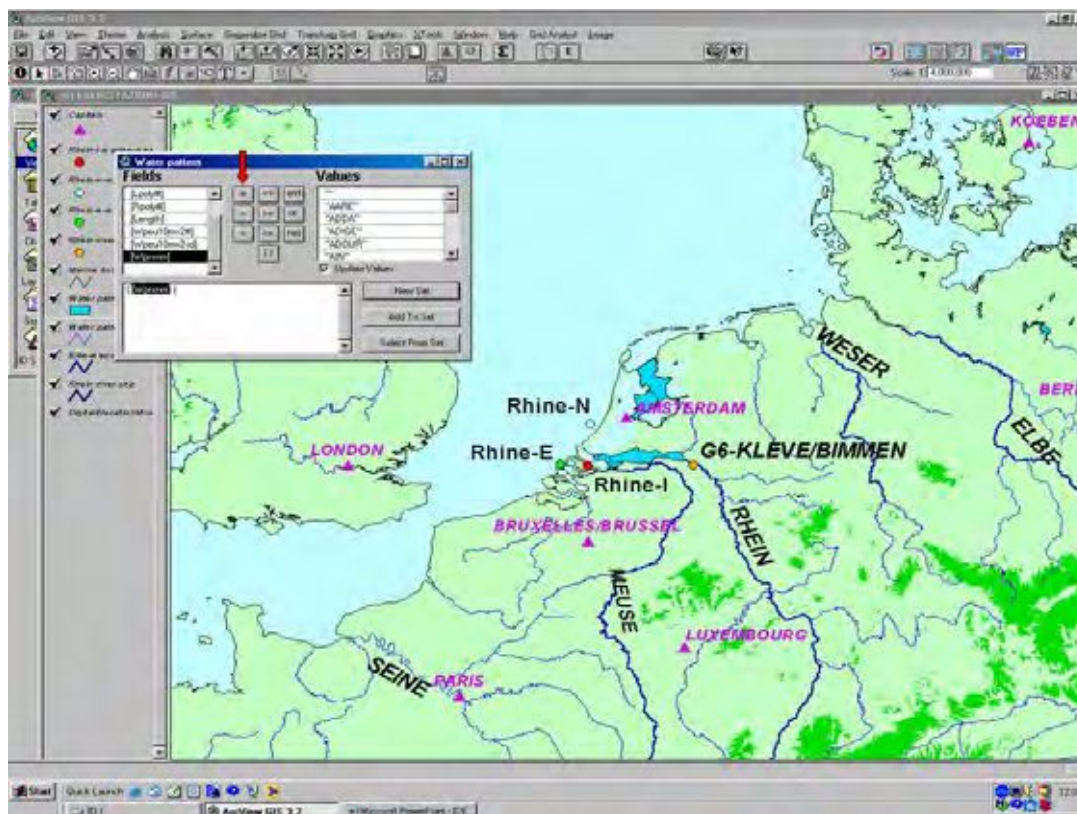


Figura A3.2

Come mostrato nella figura A3.2, scendendo con il cursore della tabella Fields, troviamo il campo, appartenente alla tabella degli attributi dello strato informativo Water pattern, che si chiama “Wprvnm” e che contiene il nome dei fiumi.

✓ *Cliccando due volte su tale elemento*

lo stesso compare nell’area di lavoro sottostante ([Wprvnm]) (figura A3.2) ed allo stesso tempo “compaiono” i nomi dei fiumi nella tabella Values. Per poter operare la selezione vera e propria

✓ *fare doppio clic sul bottoncino dell’operatore = uguale*

(presente insieme ad altri tipi di operatori al centro della tabella Water pattern) che comparirà nella sottostante finestra di lavoro come risulta visibile nella figura A3.3.

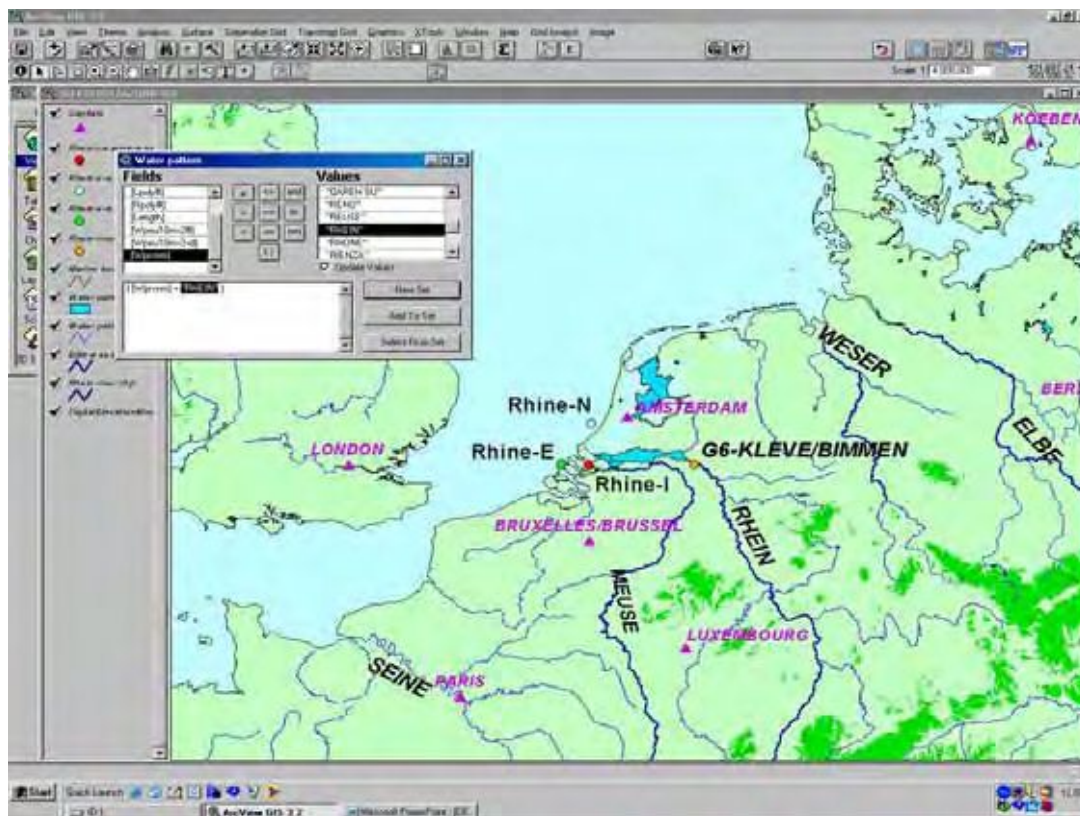


Figura A3.3

L'uso del cursore anche nel campo Values permette di operare la scelta del fiume o dei fiumi (per i quali si vuole creare un layer a parte da tematizzare in modo diverso) che si vogliono selezionare dal resto dei fiumi presenti nello strato informativo di partenza. Come mostrato in figura A3.3 con l'uso del cursore viene dunque operata la scelta "RHEIN" e

✓ *cliccando due volte su tale nome,*

lo stesso compare nella sottostante finestra di lavoro che adesso conterrà la dicitura: ([Wprvnm] = "RHEIN") (figura A3.3).

A questo punto si è dunque selezionato il fiume Reno dal resto dei fiumi Europei. Ripetendo le stesse operazioni anche per altri fiumi, servendoci dell'operatore "OR" (anch'esso presente nella pulsantiera della finestra Water pattern di figura A3.3) si ottiene il risultato mostrato in figura A3.4.

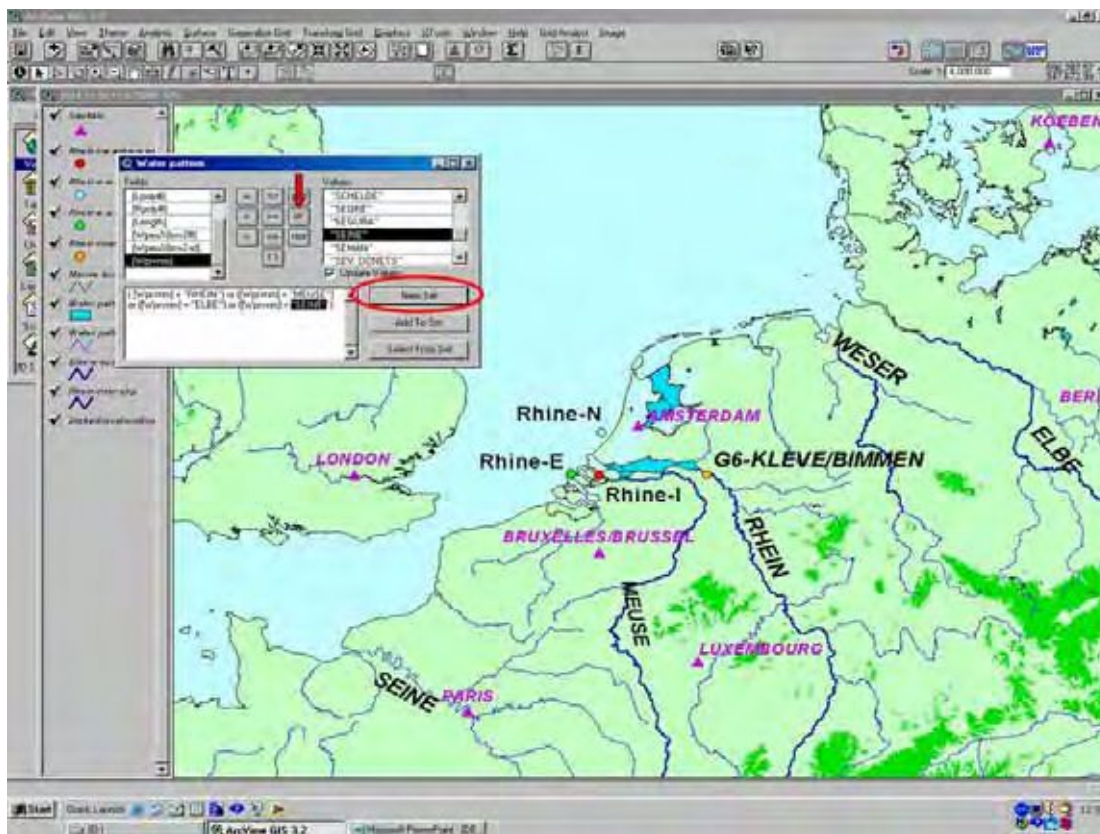


Figura A3.4

A questo punto per procedere alla creazione di un nuovo strato dalla selezione dei fiumi scelti

- ✓ *clickare sul bottone New Set.*

Dopo avere cliccato il bottone New Set della finestra di lavoro Water Pattern (figura A3.4), notare che i fiumi che fanno parte della selezione appena operata sono riportati in giallo sulla mappa (figura A3.5).

A questo punto, se lo scopo della dimostrazione in oggetto fosse stato quello di ottenere solo una selezione di alcuni fiumi rispetto a tutti gli altri sulla mappa, il nostro lavoro sarebbe finito. Tuttavia lo scopo della esercitazione in oggetto è quello di creare dalla selezione, fino ad ora operata, un nuovo strato informativo da tematizzare in modo diverso.

Per fare ciò procediamo nel seguente ordine:

- ✓ *clickare sul bottone Theme presente nella prima riga della finestra di lavoro (figura A3.5)*
- ✓ *scegliere l'opzione Convert to Shapefile (figura A3.5).*



Figura A3.5

Tale scelta provocherà l'apertura della finestra *Convert Water pattern* nella quale digitare il nome del nuovo strato informativo e il folder dove tale *shapefile* deve essere inserito (figura A3.6).

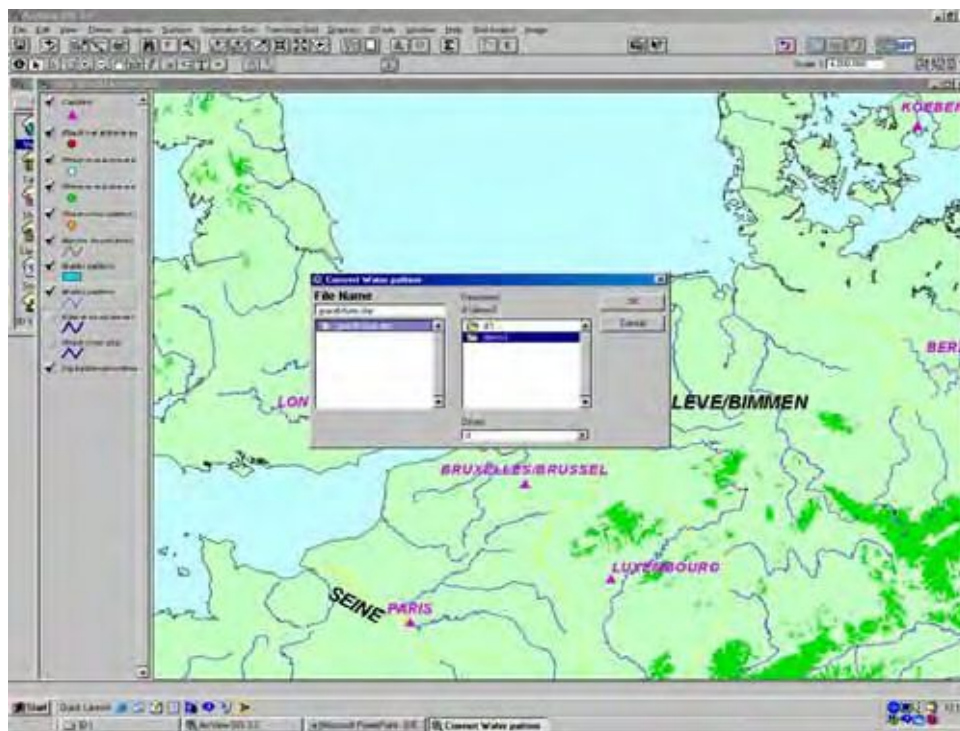


Figura A3.6

Quindi nello spazio apposito *File Name* (figura A3.6)

- ✓ *scriveremo grandi_fiumi.shp ed evidenzieremo il folder dove andare ad inserire tale file.*

Infine

- ✓ *clickare il bottone OK.*

A questo punto si apre la finestra di *Convert to Shapefile* (figura A3.7) in cui il programma chiede se si vuole caricare il nuovo strato informativo alla vista corrente.

- ✓ *Clickare il bottone YES come mostrato in figura A3.7.*

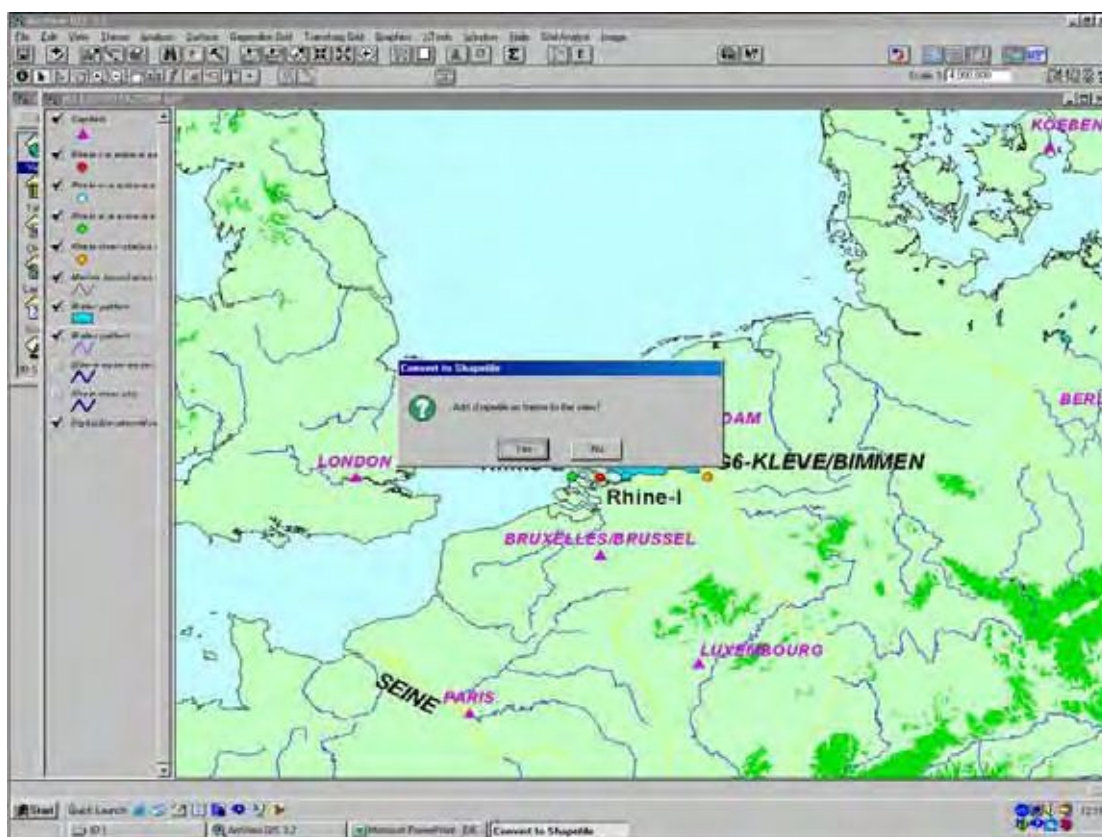


Figura A3.7

A questo punto, come mostrato nella figura A3.8, nella parte sinistra della finestra di ArcView è stato caricato il nuovo tema che si chiama Grandi-fiumi.shp.

Per eliminare la coloritura di giallo dei fiumi precedentemente selezionati, e che ormai fanno parte dello strato informativo Grandi-fiumi.shp,

- ✓ *si clicca sul bottoncino Clear Selected Features come mostrato in figura A3.8.*

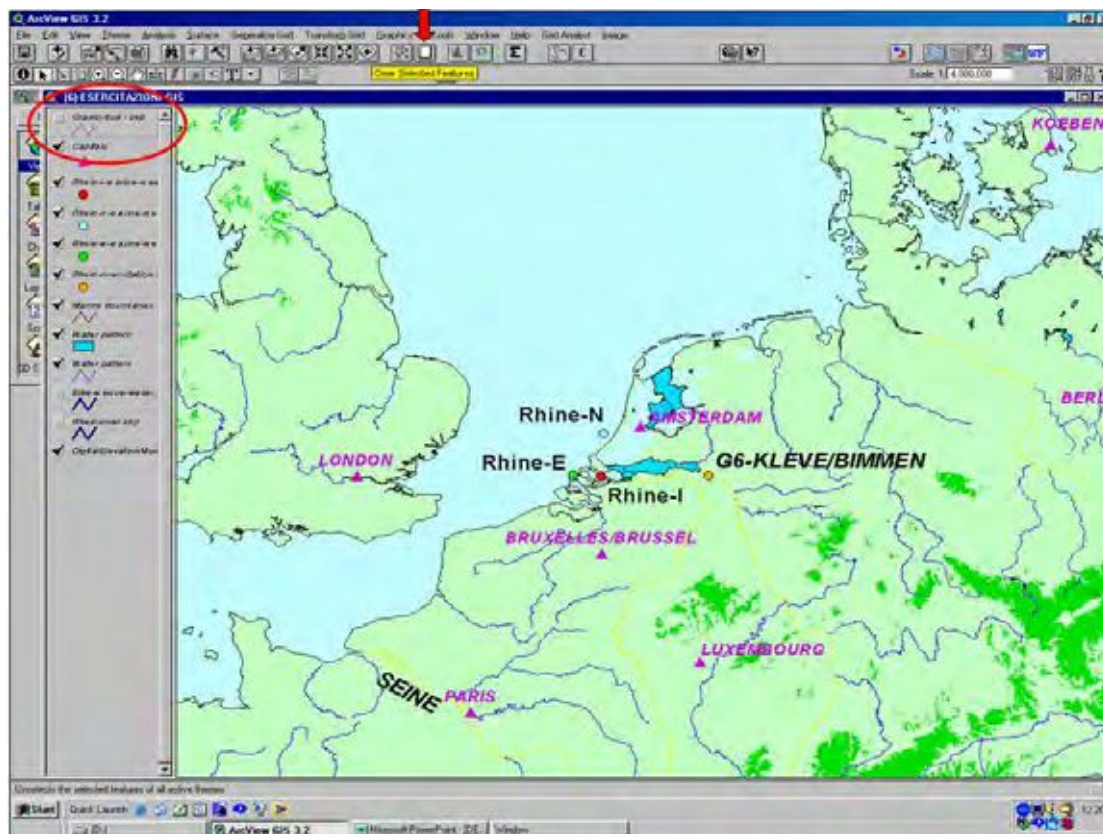


Figura A3.8

Per portare a termine la nostra piccola esercitazione si deve adesso tematizzare il nuovo strato informativo grandi fiumi.shp, da noi appena creato, in maniera diversa dagli altri fiumi che compongono lo strato informativo Water pattern.

Per fare ciò seguendo la figura A3.9

✓ *clickare due volte sul tema Grandi-fiumi-shp:*

si aprirà la finestra di Legend Editor (figura A3.9).

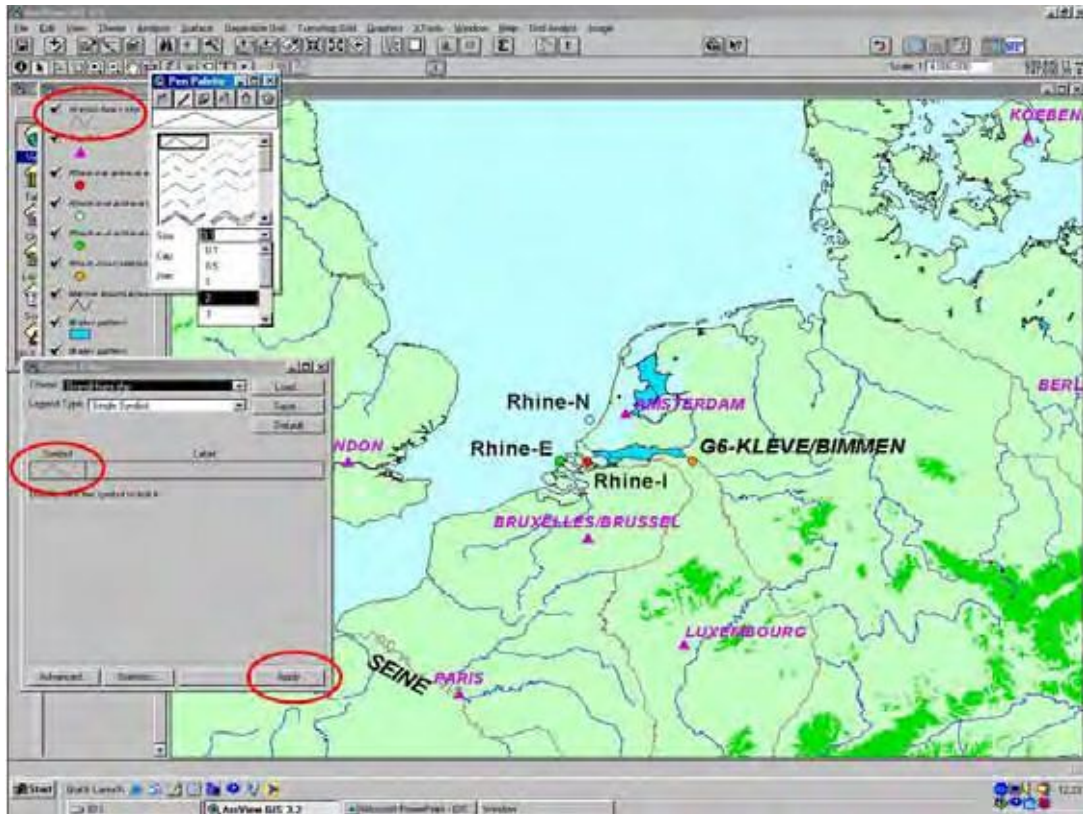


Figura A3.9

Procedere

✓ *cliccando due volte su Symbol (figura A3.9)*

tale doppio clic provocherà l'apertura della finestra di Pen Palette (figura A3.9) dalla quale si può selezionare lo spessore (nel nostro caso scelto a 2) da dare alla linea che simbolizza i fiumi scelti nella selezione come ancora mostrato in figura A3.9.

Cliccando infine il bottone di Apply si otterrà il risultato di tale operazione sulla mappa (figura A3.10).

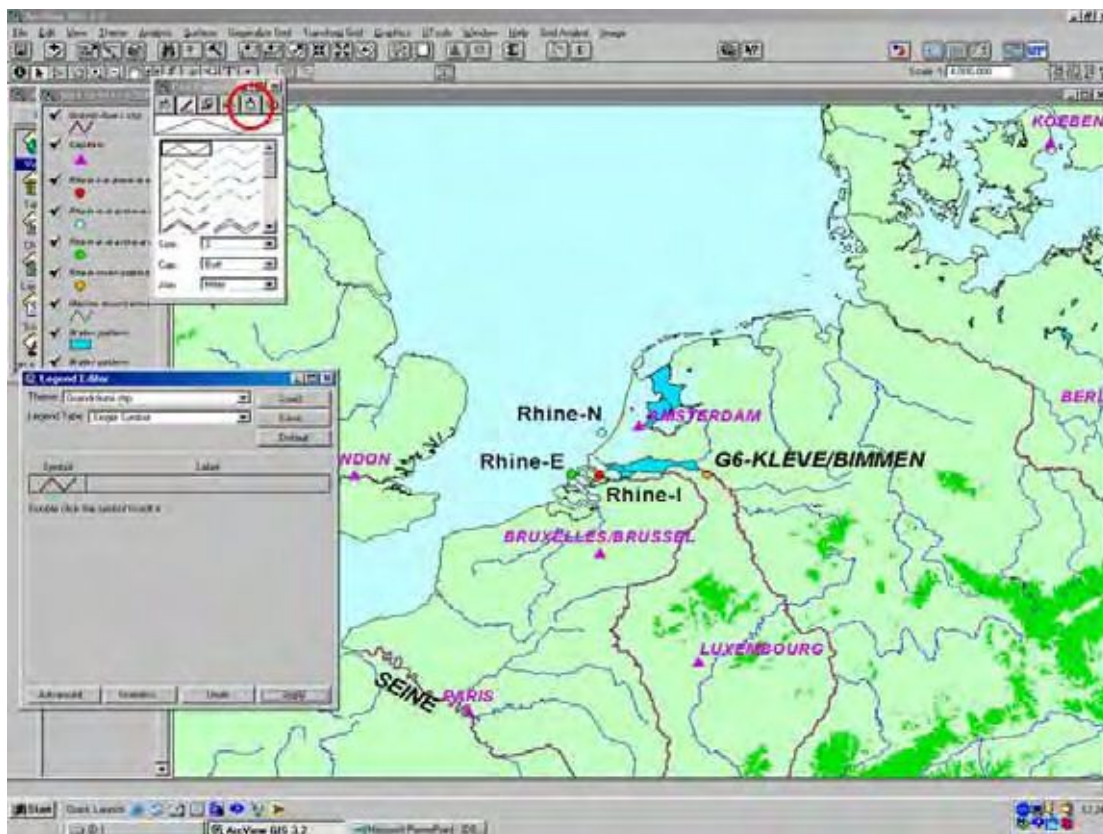


Figura A3.10

A questo punto per scegliere un colore da dare al nostro nuovo tema Grandi-fiumi.shp

- ✓ *clickare due volte sul bottoncino pennello della Pen Palette*

come è possibile vedere nella figura A3.10.

Come conseguenza si aprirà la finestra di Color palette dalla quale, come mostrato nella figura A3.11 è possibile

- ✓ *scegliere (ad esempio) il colore blu.*

A questo punto non resta che

- ✓ *clickare il bottone Apply della finestra di Legend Editor della figura A3.11*

e la diversa tematizzazione dei fiumi selezionati, oggetto della dimostrazione, risulta infine sulla mappa.

Il risultato finale della dimostrazione in oggetto è la mappa tematica mostrata nella medesima figura A3.12.

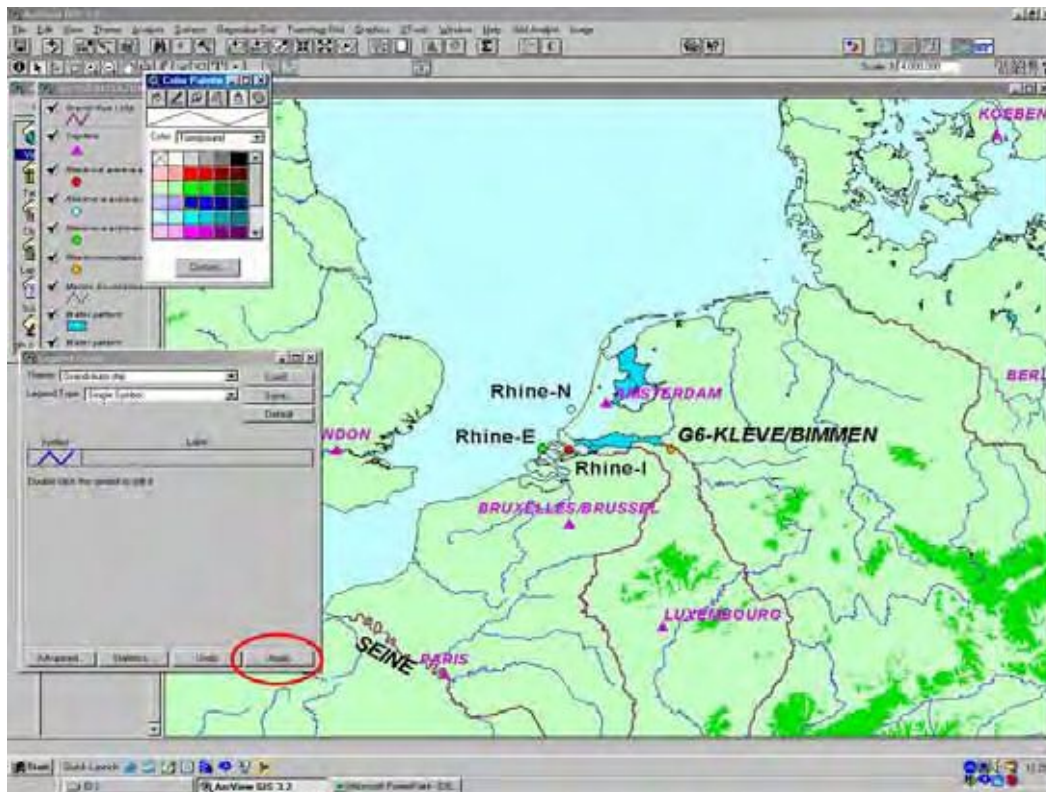


Figura A3.11

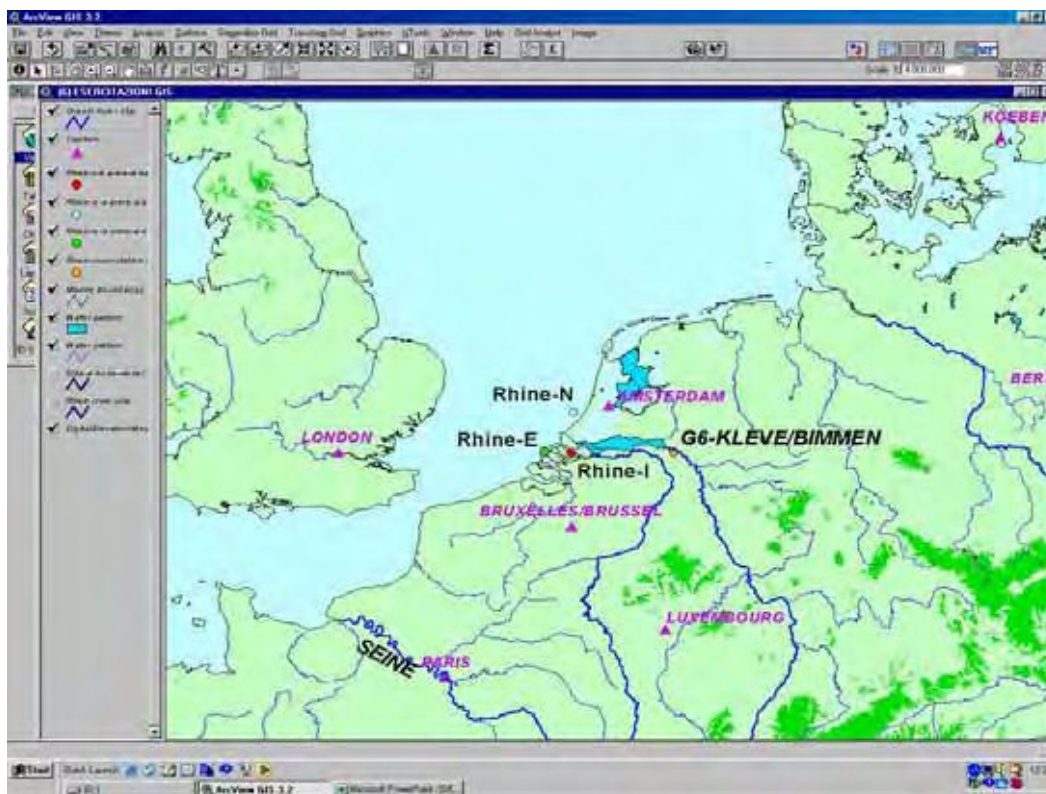


Figura A3.12

A.4 Dimostrazione 4: percorso di esercitazione da realizzare con il software ArcExplorer

Nell'ambito delle attività proposte all'interno del Forum *SIGEO* e con l'intento di svolgere con i partecipanti un tema dal titolo "*Strumenti per la gestione dei dati cartografici*" è stata anche data l'opportunità ai suddetti di sperimentare il funzionamento di alcune piccole funzioni di tematizzazione attraverso l'uso del software ArcExplorer, mettendo loro a disposizione alcuni strati informativi geografici. Sono stati infatti forniti dall'autrice alcuni strati tematici corredati da un file in formato Adobe contenente una esercitazione dimostrativa: "Dimostrazione 4: ArcExplorer", in grado di illustrare i passi da compiere nello svolgimento di tali funzioni.

L'esercitazione che viene qui di seguito riportata è condotta con l'uso del software ArcExplorer e si propone di descrivere il percorso che un utilizzatore di tale software, opportunamente installato sul proprio computer dalla rete, deve percorrere per compiere delle semplici funzioni GIS.

Il percorso proposto è quello che serve per la realizzazione di una carta tematica che presenta la distribuzione geografica per regione degli iscritti al corso *SIGEO* e si avvale dell'utilizzo dello *shapefile* (composto da tre *files*) *regioni-utenti-sigeo* che è stato inviato ai partecipanti in allegato ad una mail di promozione dell'esercitazione stessa.

Cominciamo dunque col lanciare il programma ArcExplorer: sullo schermo del computer: si aprirà la finestra mostrata in figura A4.1.

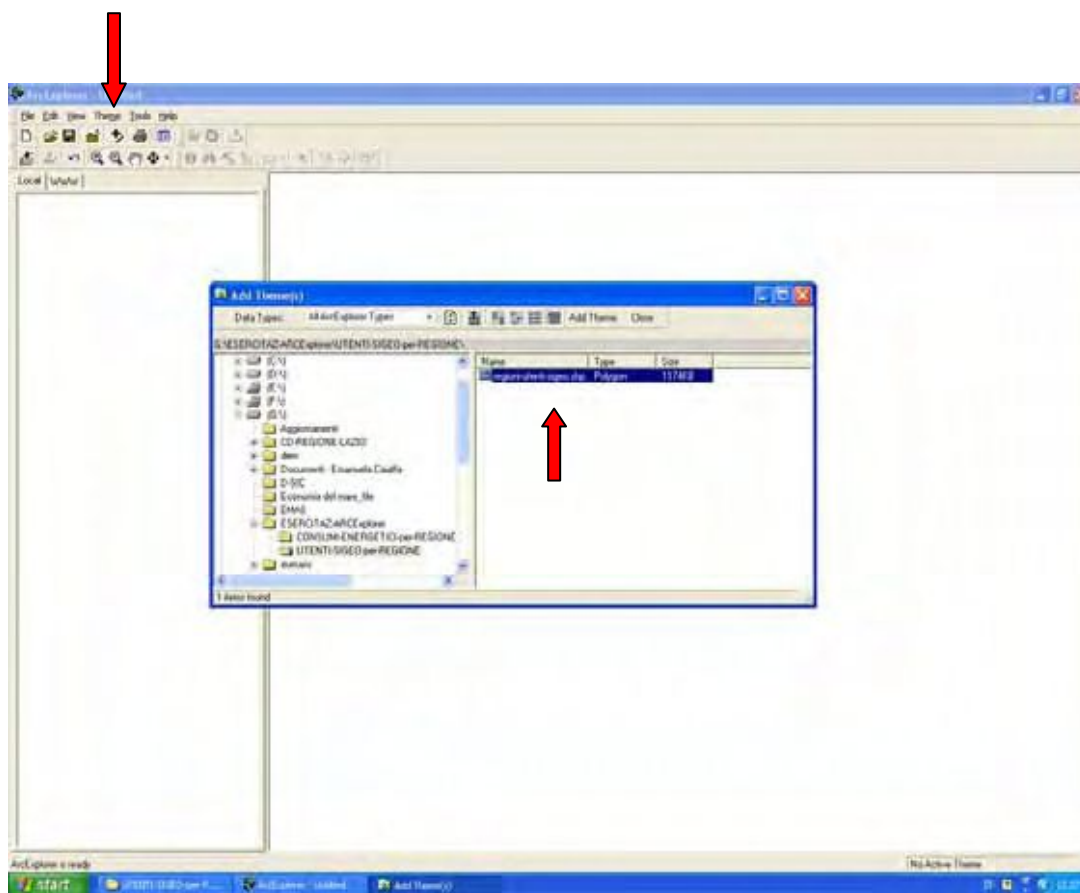


Figura A4.1

Può essere utile a questo punto sottolineare che l'esercizio proposto in questa esercitazione, svolta con l'uso di ArcExplorer, è in gran parte la stessa già svolta nella Dimostrazione 2 con l'uso del software ArcView: questo può risultare utile per confrontare le differenze tra i software ArcView ed ArcExplorer.

Il primo passo da compiere sarà quello di caricare lo *shapefile: regioni-utenti-sigeo* (che vi è stato fornito in allegato).

Per fare ciò

- ✓ cliccare sul pulsante  Add Theme

La finestra che si aprirà rende possibile l'accesso al folder del vostro computer nel quale voi avrete preventivamente scaricato i tre *files*, che compongono lo *shapefile regioni-utenti-sigeo*.

- ✓ cliccare due volte sul tema da caricare: *regioni-utenti-sigeo*

si ottiene il risultato mostrato nella figura A4.2.

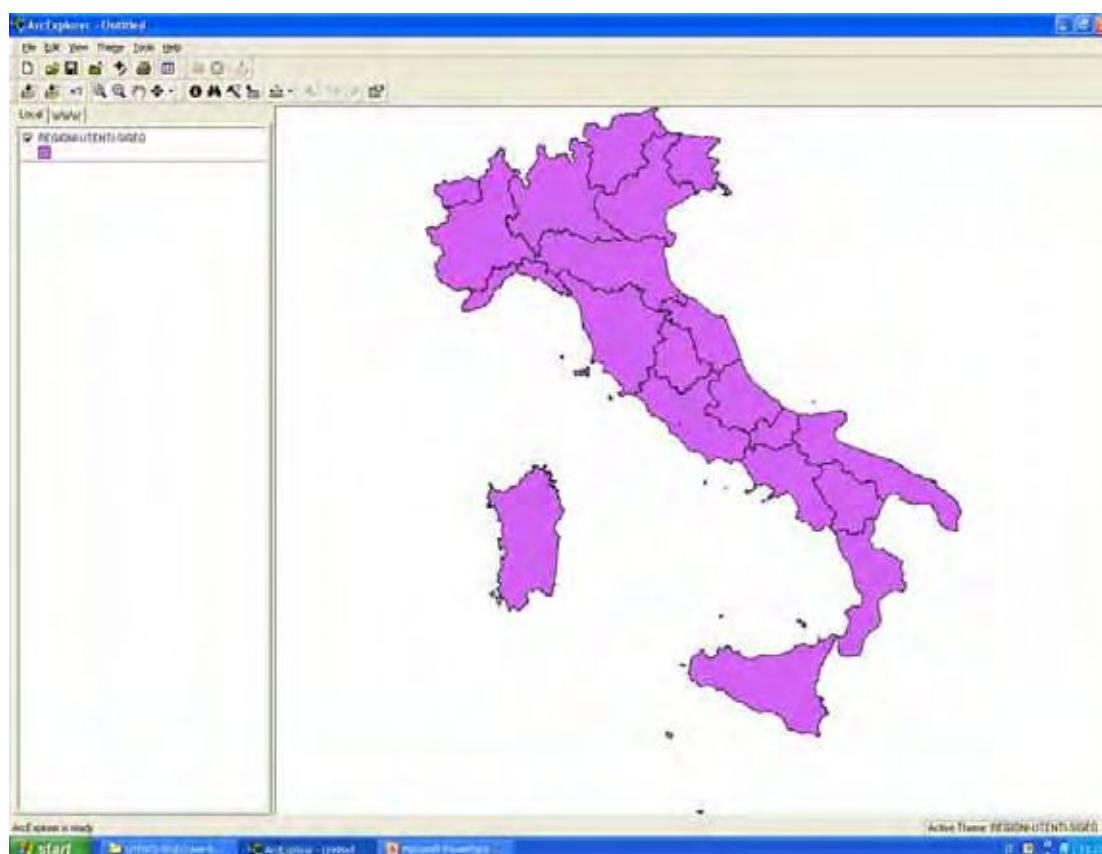


Figura A4.2

A questo punto cominciamo a realizzare delle piccole funzioni/operazioni GIS, sullo strato tematico *regioni-utenti-sigeo*, offerte dal software ArcExplorer.

Supponiamo di volere cambiare il colore del tema regioni italiane rappresentato nella mappa.

✓ *clickare due volte sul tema caricato*

Cliccando due volte sul tema che abbiamo appena caricato è possibile accedere alla finestra di *Theme properties* e cliccando sulla voce *Color* è possibile aprire la finestra della Color palette (figura A4.3).

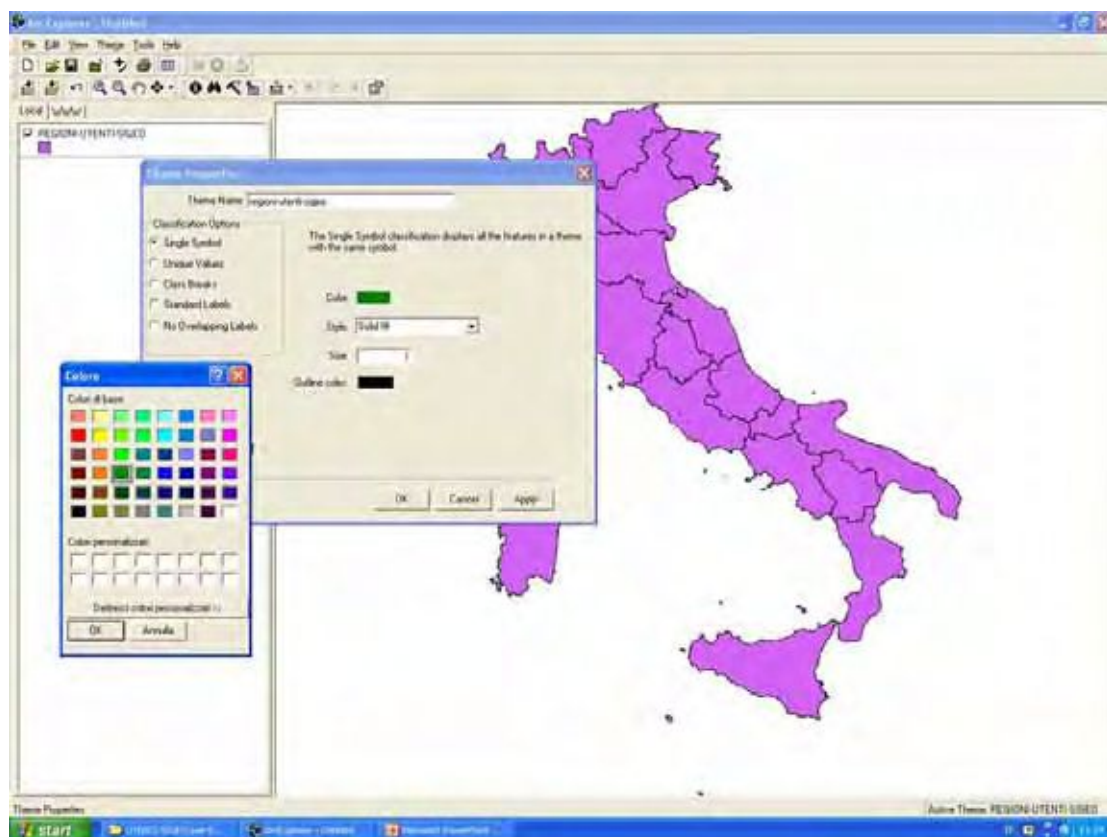


Figura A4.3

Cliccando sul colore prescelto della finestra Colore, ad esempio verde, e cliccando sul pulsante di OK si ottiene il risultato mostrato nella figura A4.4 e quella che abbiamo appena descritto è la funzione di tematizzazione *Singol Symbol*.



Figura A4.4

Quando si ha la necessità di mappare attributi che presentano una qualche progressione numerica, un'ulteriore possibilità, offerta dal software ArcExplorer, è di scegliere la funzione di *Class breaks*. Tale funzione permette di rappresentare (tematizzare) i valori numerici, degli attributi di uno strato tematico, raggruppandoli in intervalli definiti da un numero di classi "a piacere". Il maggiore o minore valore numerico dell'attributo che si sta rappresentando (numero degli iscritti al corso per regione) è messo in evidenza, per esempio, dalla corrispondenza colore chiaro = valore minimo, colore scuro = valore massimo.

Nella finestra di Theme properties (di figura A4.3) rendere attivo il pulsante di Class breaks

- ✓ *clickare sul pulsante Class Breaks*

Tale operazione provocherà un cambiamento dei campi presenti nella finestra di Theme properties (figura A4.4) sui quali procederemo alle seguenti operazioni:

- ✓ *selezionare tramite tendina il Numeric field*
- ✓ *selezionare tramite tendina il Number of class*

A questo punto il programma sceglie di default un colore (in questo caso dal rosa chiaro al rosso) con il quale tematizzare l'attributo N_UTENTI_S secondo il numero delle classi indicato nel campo *Number of class*.

Per ottenere una scala cromatica personalizzata è sufficiente cliccare sui quadratini di colore (prima quello di Start e poi ripetere l'operazione per quello di End) presenti nel campo Color ramp.

Tale operazione produrrà l'apertura di un'ulteriore finestra dalla quale è possibile impostare la scala cromatica prescelta come mostrato in figura A4.5.



Figura A4.5

Quindi (figura A4.5), scegliere il colore di Start (in questo esempio verde chiaro che corrisponderà al valore minimo), cliccare OK nella finestra Colore. Ripetere l'operazione per il colore di End (scegliendo in questo caso verde scuro che corrisponderà al valore massimo). Una volta ottenuta la scala cromatica desiderata cliccare su OK nella finestra Colore e poi su Apply nella finestra Theme Properties: il risultato sarà quello mostrato nella figura A4.6.

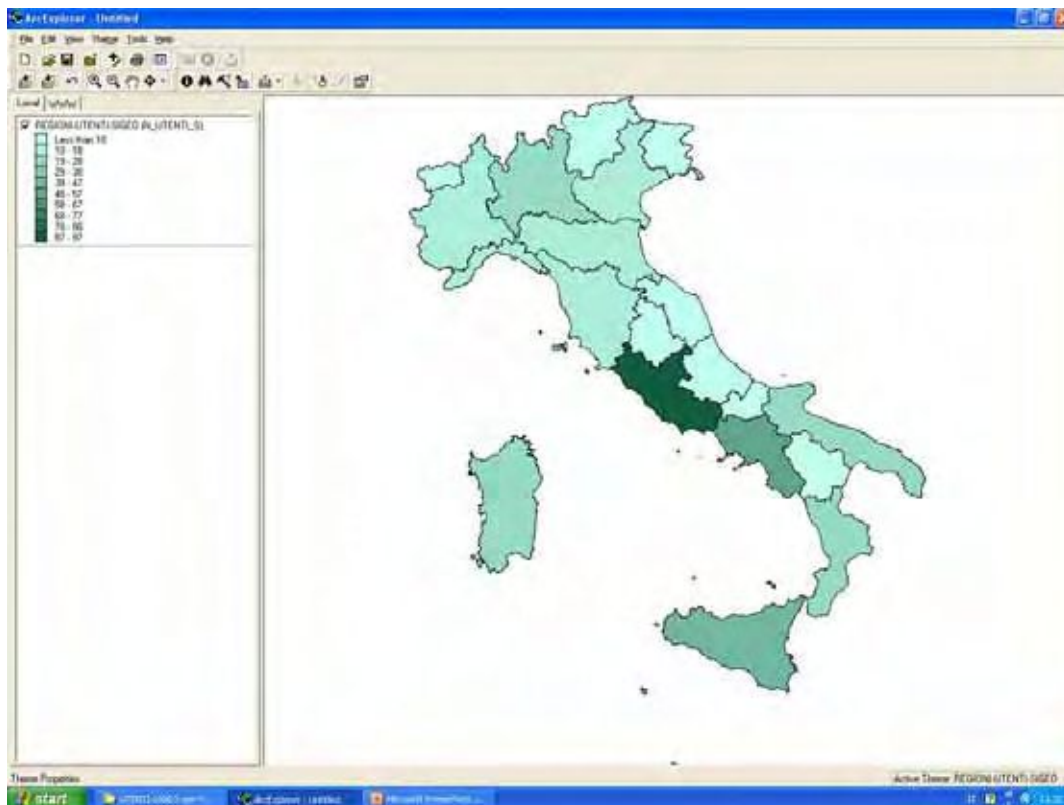


Figura A4.6

La figura A4.6 ci mostra il risultato ottenuto dalla tematizzazione del numero degli utenti iscritti al corso *SIGEO* per Regione diviso in 10 intervalli o classi di tematizzazione.

Supponiamo ora di voler corredare le regioni italiane del loro rispettivo nome. Rendendo attivo il bottone Standard labels all'interno della finestra di Theme properties, si abbandona la tematizzazione ottenuta con la funzione/bottone Class Breaks e, come mostrato in figura A4.7, la finestra di Theme Properties presenta i nuovi campi che è necessario riempire per realizzare la nuova funzione di tematizzazione sui dati a disposizione.

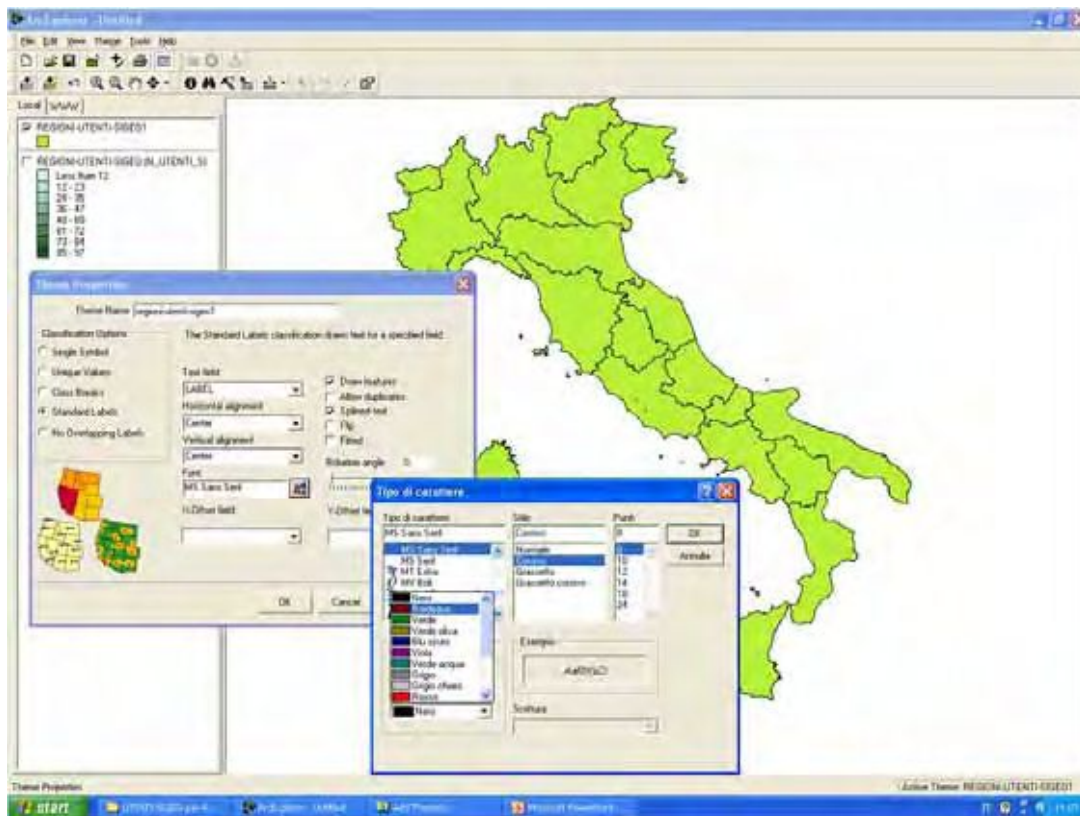


Figura A4.7

Come risulta evidente dalla figura A4.7, oltre al font del carattere di scrittura dei nomi delle Label (nomi delle regioni Italiane) è possibile scegliere il colore, l'orientamento ecc.

Il risultato dell'operazione descritta in figura A4.7 è quello mostrato in figura A4.8, dove ciascuna regione italiana appare con il proprio nome.

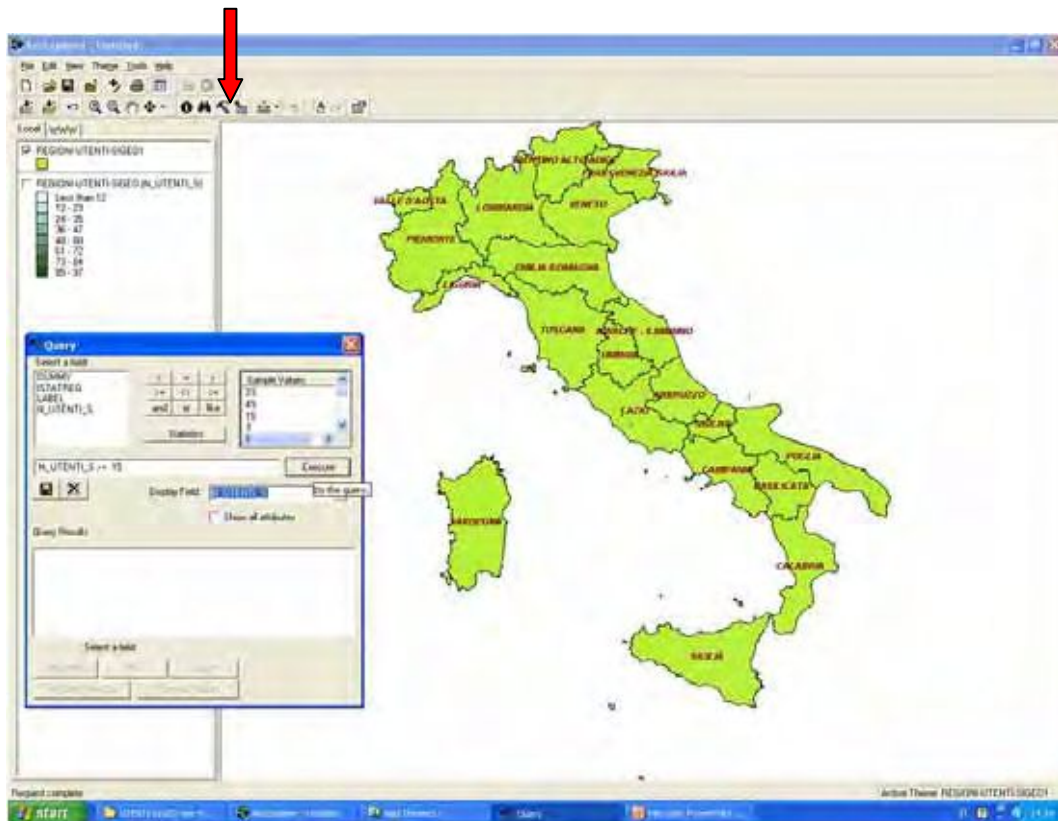


Figura A4.8

A questo punto passiamo ad un altro interessante percorso che vi guiderà nella realizzazione delle Query builder.

Infatti cliccando sull'icona martelletto (o aprendo la tendina Tools e scegliendo l'opzione Query builder) è possibile accedere alla finestra di Query (mostrata in figura A4.8) attraverso la quale si possono costruire alcune tematizzazioni sui dati numerici (numero degli iscritti per Regione al corso *SIGEO*) contenuti nel campo *N_UTENTI_S* dello *shapefile* in oggetto.

Come mostrato ancora in figura A4.8 procediamo, per esempio, con il chiedere al programma di mostrarci quali sono le regioni con un numero di iscritti a *SIGEO* maggiore o uguale a 15.

Per cui dalla finestra di Query

- ✓ *selezionare il campo N_UTENTI_S*
- ✓ *impostare la query nel campo predisposto per la scrittura della stessa*
- ✓ *selezionare nel campo Display Field l'attributo su cui operare la Query*
- ✓ *attivare il bottoncino Show all attributes*
- ✓ *cliccare il bottone Execute*

Il risultato di questa serie di operazioni è quello mostrato nella figura A4.9. Il programma presenterà nella finestra Query Results la lista delle regioni con un numero di iscritti maggiore od uguale a 15.

Inoltre a questo punto, cliccando sul pulsante Highlight Results è possibile rendere gialle le regioni selezionate dalla query per una lettura geografica evidenziata del risultato della selezione stessa (figura A4.9).

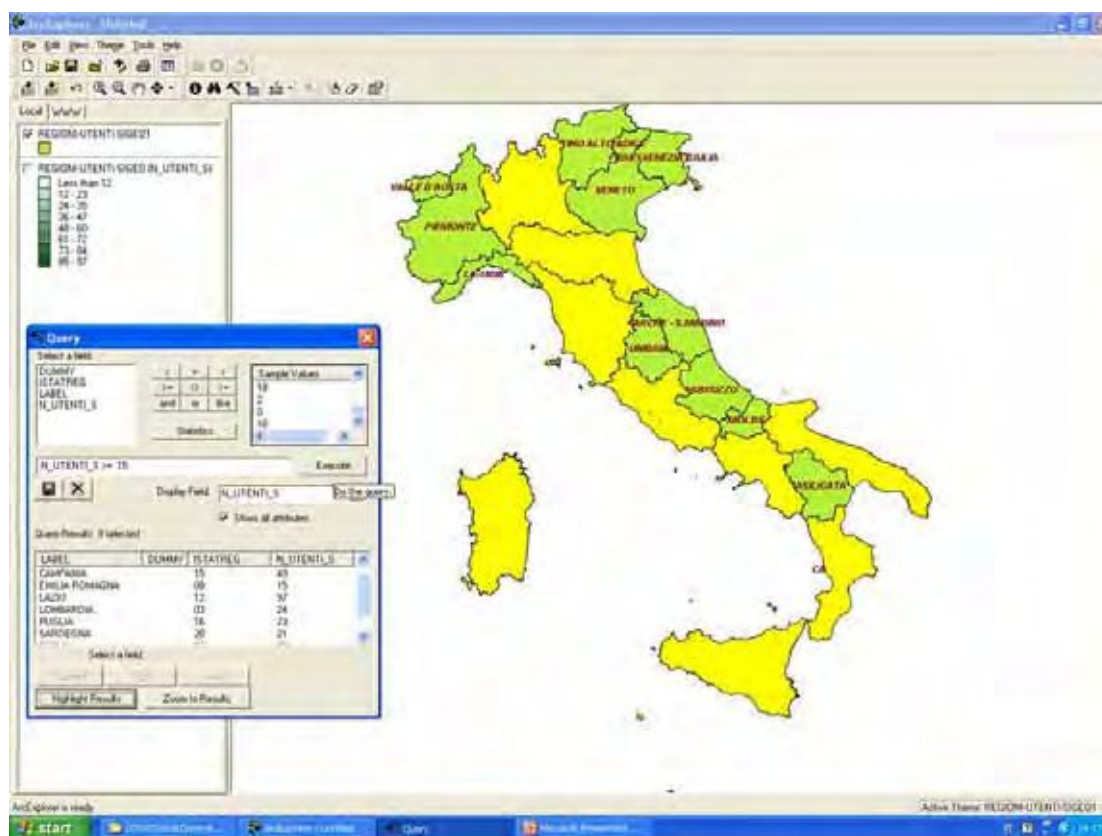


Figura A4.9

Ripetere la query per un numero di iscritti maggiore od uguale a 20 come mostrato in figura A4.10.

Ripetere ancora per un numero di iscritti maggiore od uguale a 30 come mostrato in figura A4.11.

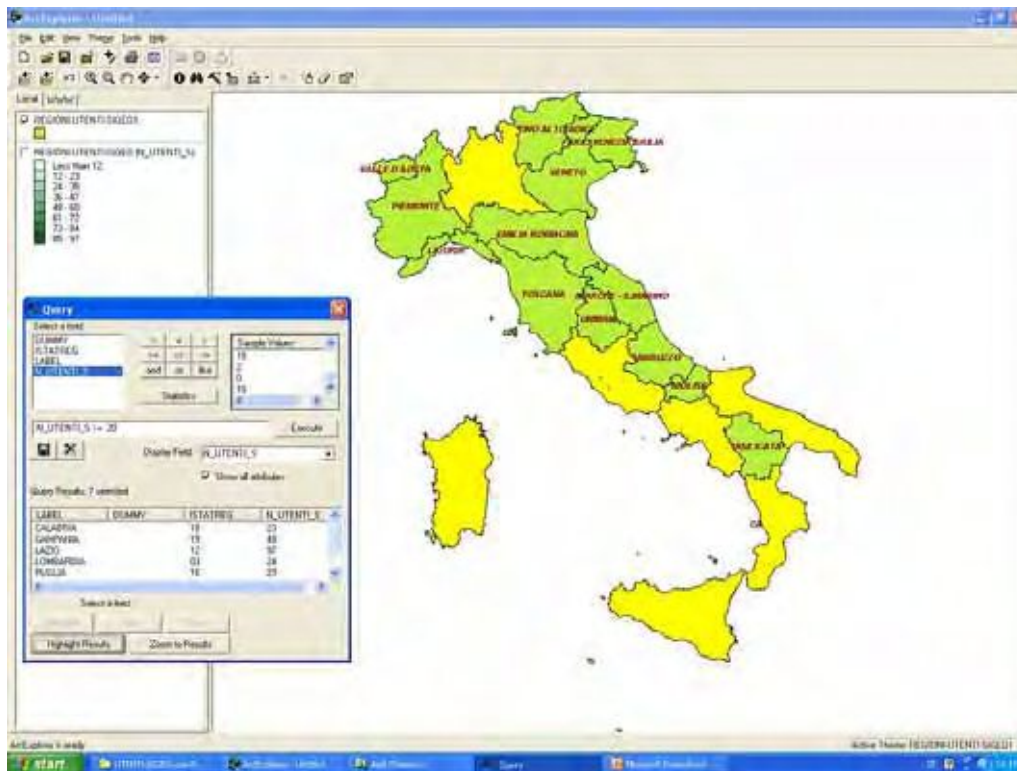


Figura A4.10

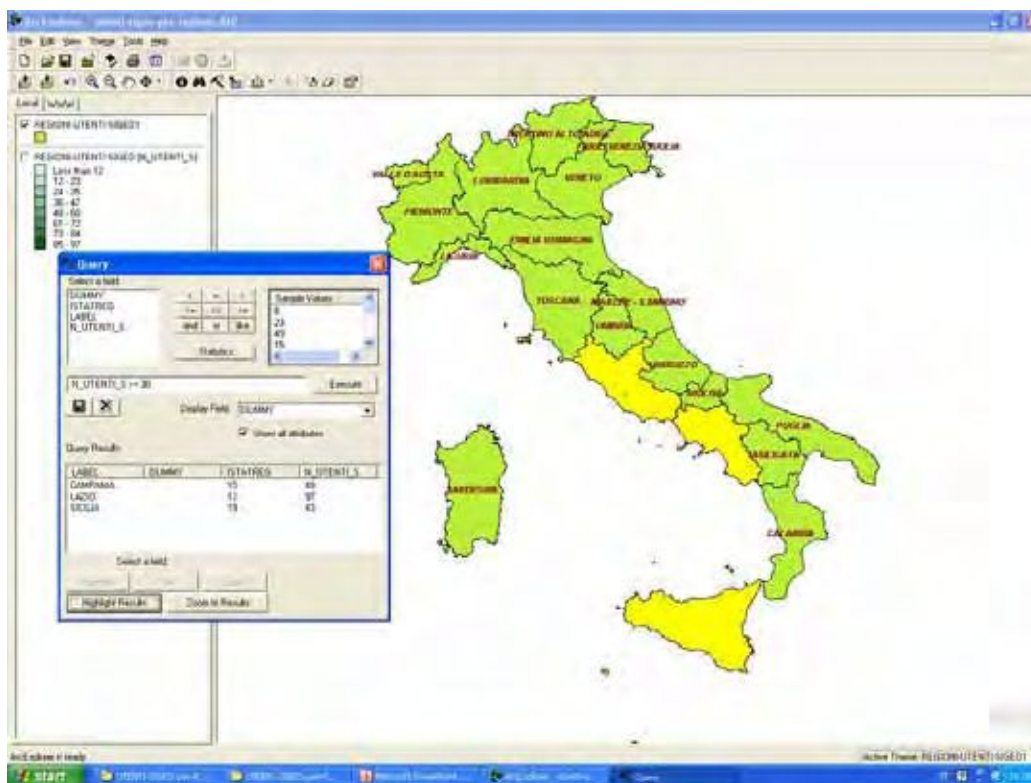


Figura A4.11

Prima di terminare questa esercitazione proviamo ad usare un'altra utile funzione GIS che è quella dell'Identify, e cioè della identificazione, direttamente dalla mappa, degli attributi contenuti all'interno di uno strato tematico che nel nostro caso è sempre REGIONI UTENTI SIGEO. A questo scopo (figura A4.12) si può procedere cliccando direttamente sul bottoncino **i**, presente nella barra dei comandi, oppure scegliendo l'opzione Identify dalla tendina *Tools*.

- ✓ *cliccare sul bottoncino **i** Identify*
- ✓ *trascinare l'iconcina **i** con il mouse sulla regione di cui si vogliono conoscere gli attributi*

Il risultato è quello mostrato nella figura A4.12 che mostra l'avvenuta apertura di una finestra di Identify Results in cui vengono elencati gli attributi contenuti all'interno dello *shapefile* e relativi, in questo esempio, alla regione Lazio.

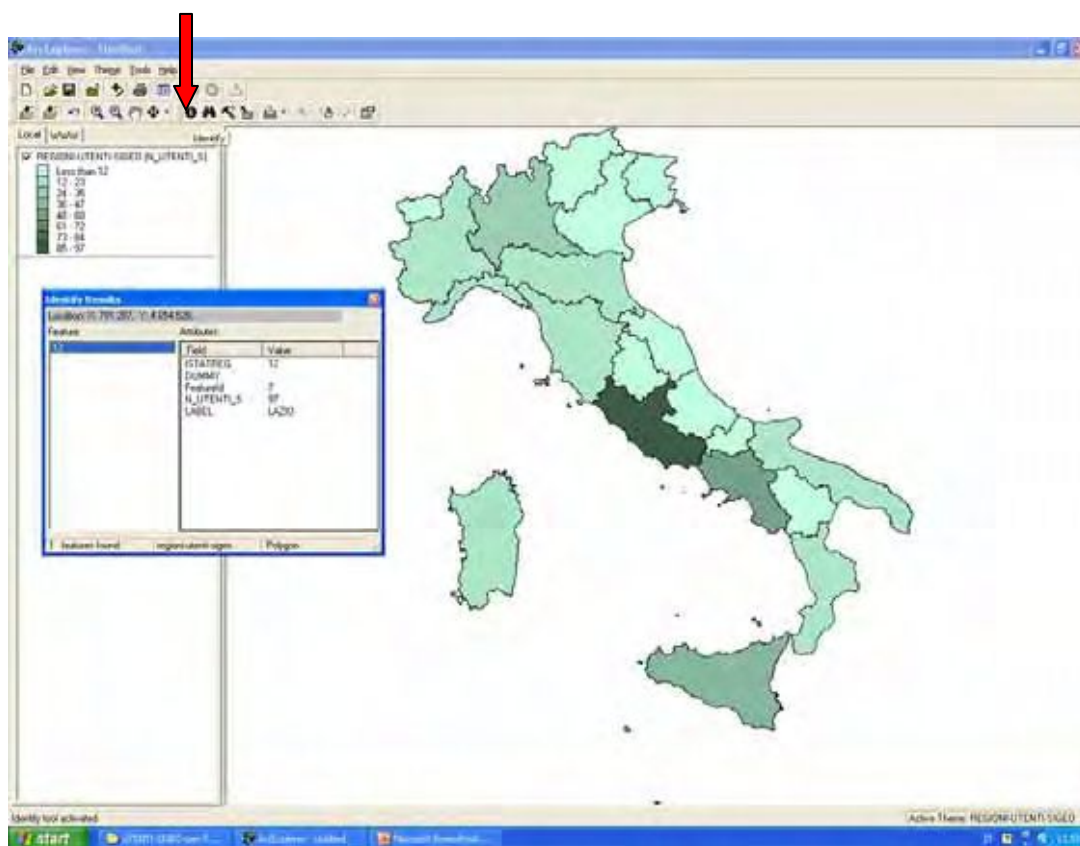


Figura A4.12

A questo punto l'esercitazione qui proposta, che ha cercato di mostrare vari modi di uso del software ArcExplorer, è finita. Viene lasciato all'utente il compito di esercitarsi sulla base di tutto quello che è stato mostrato, ma anche di *scoprire* qualche nuova funzione/operazione che nel corso della esercitazione non è stata mostrata.

Va precisato che l'esercizio condotto dagli utenti sul proprio computer, con l'uso di ArcExplorer, produce un file che si chiama progetto ArcExplorer. Al momento di uscire dal programma ArcExplorer stesso è possibile salvare questo file/progetto attraverso l'attribuzione di un nome. Per fare ciò procedere nel seguente modo (mostrato in figura A4.13):

- ✓ *clickare sul bottoncino File*
- ✓ *scegliere l'opzione Save as...*

Si aprirà la finestra di Save ArcExplorer Project dove è possibile indicare il folder dove salvare il progetto stesso e dove indicare un nome da attribuire al progetto nel campo Nome file.

Cliccare quindi il pulsante Salva della finestra di Save ArcExplorer Project e uscire dal programma tramite l'opzione di Exit contenuta nella tendina del pulsante File.

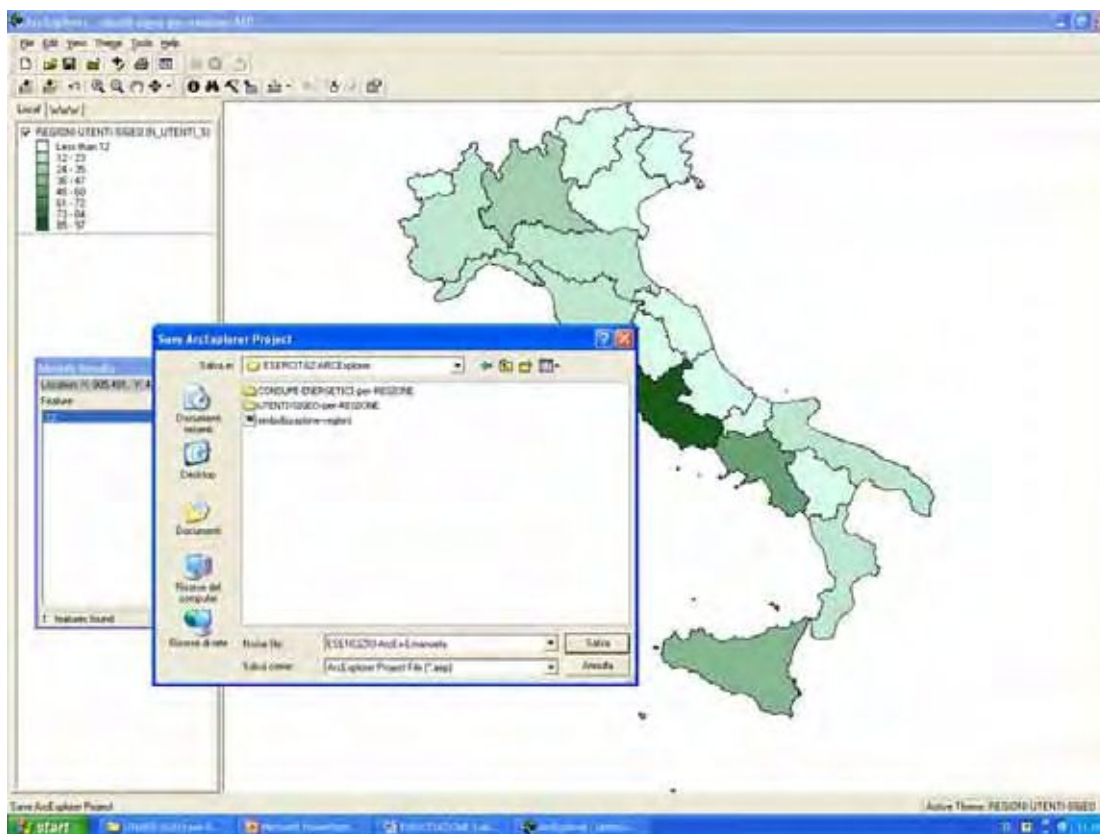


Figura A4.13

GLOSSARIO

Adiacenza: condizione per cui alcuni oggetti su una mappa sono vicini ad altri oggetti (un'area edificabile è vicina ad un'area a Protezione Speciale, Parco).

Attributo: dato alfanumerico che costituisce l'informazione descrittiva associata ad un oggetto geografico e che lo caratterizza. Generalmente nei GIS indica le caratteristiche non grafiche dell'elemento ovvero quelle grafiche non rappresentabili nella scala d'acquisizione.

Buffering: la procedura di buffering permette di creare fasce di rispetto (elementi lineari) ad esempio lungo il percorso di una ferrovia ad alta velocità, aree di rispetto (elementi poligonali), area di rispetto ad esempio attorno ad un elemento puntuale (sorgente inquinante).

Cartografia digitale: è la versione digitale di una carta geografica tradizionale cartacea in cui gli elementi geografici della carta stessa sono memorizzati per mezzo di una serie di *files* su computer. La posizione degli elementi geografici è individuata tramite l'utilizzo di coordinate cartesiane x,y o x,y,z : ogni punto è rappresentato con una singola coppia di coordinate x,y ; ogni linea è memorizzata come una serie ordinata di coordinate x,y ; ogni area è memorizzata come una serie ordinata di coordinate x,y che definiscono i segmenti perimetrali della figura chiusa. Con le coordinate x,y è possibile quindi rappresentare punti, linee e poligoni come liste di coordinate, e non come un disegno. Nella maggior parte dei casi, la memorizzazione degli elementi geografici utilizza coordinate del mondo reale: queste coordinate rappresentano una localizzazione reale sulla superficie della terra, in uno dei tanti sistemi di coordinate. Le relazioni tra elementi geografici sono espresse, su una carta digitale, con l'uso della topologia. Le caratteristiche degli elementi geografici sono memorizzate nel computer in un file attributi, detto generalmente tabella, come set di numeri e caratteri.

Carta numerica: è la versione digitale di una carta geografica tradizionale cartacea in cui gli elementi geografici della carta stessa sono memorizzati per mezzo di una serie di *files* su computer.

Carte topografiche: tipo di carta che descrive la conformazione del territorio con l'ausilio di curve di livello (linee che seguono punti sulla terra di eguale altitudine). Le carte topografiche contengono di solito sia informazioni di geografia fisica che socioeconomiche, come centri urbani, strade ecc.

Carte uso del suolo: tipo di carta descrittiva per ogni area il suo uso del suolo secondo determinate classi che possono essere più o meno numerose a seconda della scala più o meno particolareggiata di rappresentazione.

Cartografia di base: Rappresentazione piana e bidimensionale delle caratteristiche fisiche, geometriche, naturali e/o artificiali di parte o dell'intera superficie terrestre secondo determinate proiezioni.

Cartografia numerica: è costituita dall'insieme degli archivi di coordinate che descrivono la geometria degli oggetti cartografati e dall'insieme delle codifiche che ne individuano la tipologia. La cartografia numerica ha tutti i contenuti e almeno tutte le stesse funzioni di base della cartografia tradizionale.

Cartografie tematiche: potente mezzo di comunicazione; permette di rappresentare qualsiasi tipo di dato georeferenziato nel suo risultato geocartografico. In sostanza è una mappa che rappresenta, qualitativamente o quantitativamente, su una carta di base, fenomeni specifici che costituiscono il tema di una determinata indagine.

Charting: il data charting o charting è una delle *facilities* offerte dal GIS per presentare informazioni tabulari complesse sotto forma di grafico dinamicamente legato alla mappa.

Coincidenza: regola topologica secondo la quale oggetti su una mappa coincidono tra loro.

Common Gateway Interface: strato software che è sostanzialmente uno script, costituito da linee di codice, che entra in esecuzione non appena c'è una richiesta di tipo GIS Web.

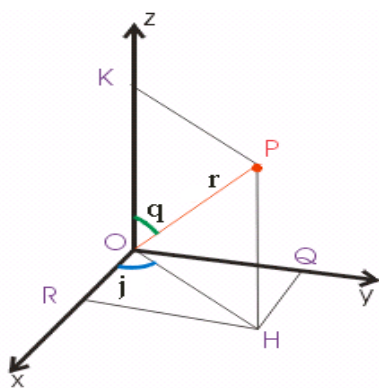
Compressione: tecnica che consente di comprimere le immagini raster per poterle memorizzare in meno spazio sulla memoria di massa di un calcolatore. Sono utilizzati vari algoritmi di compressione, cui deve far seguito generalmente una decompressione prima che l'immagine possa venire nuovamente utilizzata.

Connettività: il collegamento tra diversi oggetti di una mappa (gli idranti sono connessi ai tubi dell'acqua)

Contenimento: quali oggetti sono localizzati in un'area (un lago è all'interno di un'area comunale)

Coordinate cartesiane: servono a identificare un punto nello spazio, una volta fissata una terna di assi cartesiani (x, y e z).

Coordinate polari (coordinate sferiche): identificano un punto nello spazio. Una volta fissata una terna di assi cartesiani (x, y e z), un punto P è individuato dai valori di r, q e j dove: **r** (PO), raggio vettore, è la distanza del punto P sulla sfera dall'origine O della terna di assi cartesiani; **q**, chiamato distanza zenitale o colatitudine, è l'angolo formato da PO con l'asse z, dove O è l'origine degli assi; **j**, azimut o longitudine, è l'angolo formato da OH con l'asse x dove H è la proiezione ortogonale del punto P sul piano xy.



<http://www.vialattea.net/eratostene/gloss/coordinatesferiche.html>

Data charting: il *data charting* o *charting* è una delle *facilities* offerte dal GIS per presentare informazioni tabulari complesse (attributi) sotto forma di grafico dinamicamente collegato alla mappa. Qualsiasi cambiamento od aggiornamento nella tabella degli attributi produce un risultato nel grafico corrispondente.

Dati cartografici numerici: dati cartografici memorizzati come *files* di dati numerici.

Dati di Attributo: dati numerici e non che caratterizzano l'informazione geografica cui si riferiscono.

Dati raster: una rappresentazione raster dei dati è data da una griglia di celle, una matrice, formata dall'entità minima detta pixel. Con il nome di dati raster si individua un tipo di dati formati da un insieme di celle (pixel) ordinate secondo linee e colonne tali da costituire una matrice. I valori associati ad ogni cella esprimono informazioni sia di tipo grafico (colore, toni di grigio ecc.) che descrittivo (temperatura della superficie del mare ecc.)

Dati vettoriali: archiviazione nel data base geografico degli oggetti grafici come punti, linee, poligoni per mezzo delle coordinate che costituiscono tali oggetti geometrici. Un punto una coppia di coordinate x, y, una linea una serie ordinata di coordinate x, y ecc.

Datum: è il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

Differenza di quota: la differenza di altezza tra due oggetti (una cima è più in alto di un lago)

ED50: sistema di riferimento geodetico e cartografico nato nel 1950 come sistema Europeo; è molto usato in Italia. Il sistema europeo ED50, è definito dalle seguenti caratteristiche: sistema geodetico di riferimento costituito dall'ellissoide internazionale, con punto di emanazione situato a Potsdam e orientamento medio europeo; rete di inquadramento data dalla selezione delle reti europee del 1° ordine, compensate unitariamente dallo US Coast and Geodetic Survey nel 1950; origine della longitudine Greenwich; rappresentazione di Gauss

<http://geomatica.como.polimi.it/corsi/cartografialaurea/introduzione.htm>

Ellissoide di riferimento: la superficie ellissodica o di riferimento è una espressione matematica in grado di modellare la superficie della Terra: è talmente vicina all'essere sferica che può essere chiamata sferoide.

Equidistanti: punti od oggetti che presentano la medesima distanza da altri oggetti o zone di rispetto.

ESRI: Environmental System Research Institute: casa produttrice del software ArcGIS.

Features: configurazione, caratteristica geografica come fiumi, laghi, Paesi o città.

Funzioni GIS: le funzioni GIS permettono di compiere una varietà di azioni sui dati caricati all'interno del GIS come ad esempio identificare oggetti grafici su una mappa, trovare quali località incontrano certi criteri di selezione, analizzare le eventuali relazioni spaziali tra differenti fenomeni così individuati e vedere come essi si influenzano gli uni con gli altri ecc.

Geodatabase: è un modello di dati orientato agli oggetti che consente all'utente di lavorare direttamente con entità geografiche: singoli palazzi di un agglomerato urbano, agglomerati urbani, laghi, bacini idrografici ecc.

Geoide: forma ideale della superficie terrestre ideata da Listing nel 1873 ottenibile come il prolungamento del livello medio dei mari sotto i continenti fino ad avvolgere l'intero pianeta.

Geomarketing: individuazione del potenziale successo di certi tipi di mercato rispetto alla loro collocazione geografica

Georeferenziazione: letteralmente referenziazione geografica di un dato, di un manufatto, di un qualsiasi oggetto su una mappa. Procedura software che consiste nel posizionare, mediante punti a coordinate note (punti di controllo), dati vettoriali o immagini raster nella rispettiva zona del territorio reale, secondo un determinato sistema di riferimento.

GIS control: parti di codice sviluppati con ActiveX di Microsoft. I GIS control vengono utilizzati per eseguire funzioni di analisi GIS. Quando un utente si connette al sito Web e richiama un documento HTML che contiene riferimenti a GIS control, questi applicativi vengono scaricati dal server al client. Dal computer client è così possibile effettuare visualizzazioni e manipolazioni di dati GIS.

Grafo: insieme di archi, ad esempio una rete stradale o idrografica. In sostanza l'insieme interconnesso di archi che descrive generalmente una rete (stradale, idrografica, tecnologica ecc.). I software GIS presentano in genere funzioni di analisi e modellizzazione di reti basate su un grafo (percorso ottimale, ottimizzazione delle fermate, analisi di localizzazione ecc.).

Hardware: termine che designa le componenti fisiche di un elaboratore e delle sue unità periferiche.

Immagine raster: grafico formato da un insieme di piccole aree uguali (pixel), ordinate secondo linee e colonne, tali da costituire una matrice. I valori associati ad ogni cella possono esprimere sia informazioni di tipo grafico (colore, tono di grigio ecc.), sia di tipo descrittivo (temperatura, pendenza ecc.). Le immagini fotografiche digitalizzate sono un esempio di immagini raster.

Immagini da satellite: risultato della elaborazione dei dati acquisiti tramite particolari e diversi sensori equipaggio di un satellite.

Intersezione: quali oggetti si attraversano a vicenda (una ferrovia interseca una strada), e viceversa.

Label point: etichetta di inizio/fine arco.

Lambert: la rappresentazione conforme di Lambert è una proiezione in cui la superficie di proiezione è un cono tangente all'ellissoide lungo un fissato parallelo.

Land Cover: letteralmente copertura del terreno, è il risultato della elaborazione di certe immagini ottenute da satellite che danno la destinazione d'uso del suolo.

LAT: la latitudine geografica è la distanza angolare di un punto (P) dall'equatore misurata lungo il meridiano che passa per quel punto.

LON: la longitudine geografica di un punto (P) è l'angolo tra il meridiano del luogo e il meridiano fondamentale (di Greenwich), è positiva a Ovest e negativa a Est di Greenwich.

Layer: lo strato informativo o *layer* è l'unità base della gestione dei dati in un GIS. Lo strato informativo, *layer*, in ArcGIS, può contenere solo un tipo di elemento geografico: linee per una rete stradale, punti per i centroidi delle sedi comunali, poligoni per agglomerati urbani ecc.

Layout: uscita grafica che mostra il risultato delle elaborazioni GIS effettuate sugli strati informativi.

Mappe catastali: carte del Catasto.

Mercatore: Gerardo da Cremer (Rupelmonde, 1512 - Duisburg, 1594), fiammingo, latinizzato Mercator, da cui Mercatore. Ha ideato la rappresentazione cilindrica conforme o rappresentazione cilindrica diretta di Mercatore che si ottiene per proiezione dei punti dell'ellissoide dal suo centro su un cilindro ad esso tangente lungo l'equatore. Meridiani e paralleli sono rappresentati sulla carta da rette perpendicolari.

Meridiano di riferimento: è il meridiano fondamentale. Tale meridiano è universalmente conosciuto come il Meridiano di Greenwich ed è una curva immaginaria che passa dal Polo Nord al Polo Sud passando dall'ex Osservatorio Reale di Greenwich, a Londra. Di conseguenza Greenwich si trova alla longitudine di 0°.

Meridiano fondamentale: è il meridiano di riferimento. Tale meridiano è universalmente conosciuto come il Meridiano di Greenwich ed è una curva immaginaria che passa dal Polo Nord al Polo Sud passando dall'ex Osservatorio Reale di Greenwich, a Londra. Di conseguenza Greenwich si trova alla longitudine di 0°.

Modello vettoriale: molti aspetti del mondo reale possono essere rappresentati utilizzando punti, linee e poligoni. Questo tipo di rappresentazione viene generalmente indicato come il modello vettoriale del mondo. I modelli vettoriali sono particolarmente utili per rappresentare e memorizzare oggetti discreti come edifici, strade, particelle catastali ecc ...

Nodo: punto grafico con caratteristiche topologiche che descrive l'inizio o la fine di un arco.

NTF (National Transfer Format): formato di dati utilizzato per l'interscambio di dati topologici tra sistemi diversi (adottato dal Catasto italiano).

Operatori GIS. con il nome di operatori GIS si possono raggruppare una serie di strumenti in grado di operare delle trasformazioni, combinazioni, elaborazioni statistiche, sugli oggetti selezionati con le funzioni GIS.

Orografia: conformazione geografica del terreno

Ortofoto: foto prese generalmente da aereo o da satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

Ortoimmagini: immagini della superficie terrestre ottenute da aereo e/o satellite e normalizzate alla superficie terrestre, corrette cioè secondo la forma della superficie terrestre.

Overlay topologico: procedura di analisi spaziale che consente di sovrapporre e intersecare gli strati informativi (*layer*) unendo così le informazioni associate a ciascuno di essi, per produrre un nuovo strato di sintesi.

Pan: funzione tipica della quasi totalità dei software GIS che permette spostamenti alto basso, sinistra destra, su una mappa risultato di una elaborazione GIS.

Pixel: entità minima, caratterizzata da un valore associato, di un'immagine raster per la rappresentazione di una caratteristica (temperatura della superficie del mare, pendenza ecc.) di un'area su una mappa. Il nome Pixel, proviene dalla contrazione di picture element.

Plotters: apparecchiatura hardware per la restituzione su carta a colori delle mappe tematiche risultato della elaborazione GIS.

Plug in: particolare tipo di software per visualizzare sul computer client (sprovvisto ad esempio di ArcView) dati tipo *shapefile* e di compiere funzioni tipiche del GIS come overlay di diversi temi (sempre scaricati dal server GIS), buffering, funzioni di pan, zoom e così via.

Point e click (*point and click*): l'azione/funzione offerta dal GIS di posizionarsi su un punto preciso di un oggetto su una mappa, cliccare ed ottenere, per esempio, informazioni su tale oggetto.

Points: punti per la rappresentazione di oggetti puntuali su una mappa come ad esempio la fermata di un autobus.

Polygon: aree per la rappresentazione di oggetti areali su una mappa come ad esempio l'area di un Comune o di una zona a protezione speciale.

Posizione relativa: la posizione di un oggetto rispetto ad un altro su una mappa (un aeroporto è a est rispetto alla città).

Proiezione: la proiezione è un modo di rappresentare la superficie sferica della Terra come una superficie piatta bidimensionale.

Proiezione Azimuthal: (o Planar), preserva la direzione (o azimuth) di tutti i punti della mappa rispetto ad un punto specifico. Una proiezione Azimuthal o planare è principalmente usata per la rappresentazione delle zone polari.

Proiezione cilindrica: cilindrica conforme o rappresentazione cilindrica diretta di Mercatore si ottiene per proiezione dei punti dell'ellissoide dal suo centro su un cilindro ad esso tangente lungo l'equatore. Meridiani e paralleli sono rappresentati sulla carta da rette perpendicolari. Una proiezione cilindrica mantiene gli angoli corretti mentre deforma aree e distanze ed è adatta a zone comprese tra i tropici.

Proiezione conica: una proiezione conica minimizza la distorsione, creata dalla proiezione stessa, per le aree della superficie terrestre alle medie latitudini.

Proiezioni conformi: proiezioni che preservano gli angoli.

Proiezioni equivalenti: proiezioni che preservano le aree.

Prossimità: vicinanza di oggetti su una mappa.

Punto di emanazione o datum: è il punto di emanazione dell'ellissoide di riferimento che generalmente coincide con il punto centrale della zona da rappresentare in cartografia.

Raster: tipo di dati formati da un insieme di celle (pixel) ordinate secondo linee e colonne tali da costituire una matrice. I valori associati ad ogni cella esprimono informazioni sia di tipo grafico (colore, toni di grigio ecc.) che descrittivo (temperatura della superficie del mare ecc.)

Registrazione(o anche **ortogonalizzazione**): insieme di tecniche necessarie a georeferenziare e raddrizzare le immagini raster. Le foto aeree e le immagini da satellite, oltre a dover essere posizionate correttamente devono anche essere ricalcolate, tenendo conto dell'angolo da cui sono state effettuate.

Remote sensing: insieme di tecniche, strumenti e mezzi interpretativi che permettono l'acquisizione a distanza di informazioni qualitative e quantitative su fenomeni o oggetti, senza entrare in contatto con essi.

Reticolo trasparente: tipo di simbolizzazione tematica, propria del GIS, che permette la sovrapposizione, in quanto trasparente, di più strati tematici informativi.

Rilevamenti geodetici: permettono di stabilire la posizione relativa di punti, distanti tra loro da pochi metri fino anche a centinaia di chilometri, con precisione di pochi millimetri.

Route: elemento alla base della segmentazione dinamica a cui possono essere associati degli attributi. La route può essere costituita da un insieme o da una porzione di archi senza che il suo inizio o fine debba necessariamente coincidere con il nodo iniziale o finale di un arco.

Scala: la scala di rappresentazione di una distanza tra due punti su una mappa è data dal rapporto tra la distanza sulla mappa e la distanza sulla superficie terrestre.

Segmentazione dinamica: La segmentazione dinamica è la capacità di associare diversi insiemi di attributi a qualsiasi segmento di un elemento geografico lineare senza dover cambiare la struttura fisica di questo: è possibile quindi attribuire informazioni diverse a porzioni diverse di un arco senza dover effettivamente spezzare fisicamente l'arco.

http://www.provincia.bologna.it/pls/provbo/consultazione.mostra_pagina?id_pagina=884

Sensore: rilevatore impiegato nel telerilevamento che converte la radiazione elettromagnetica registrata in segnali elettrici interpretabili. I sensori attivi misurano l'energia riflessa dagli oggetti a terra, emessa da un dispositivo a bordo e possono funzionare anche in presenza di perturbazioni meteorologiche. I sensori passivi misurano l'energia emessa dal sole e riflessa dalla terra o l'energia termica emessa spontaneamente dagli oggetti a terra.

Sessagesimale: nel sistema sessagesimale l'unità di misura angolare è il *grado sessagesimale* definito come la 360^a parte dell'angolo giro. I sottomultipli sono:

1/60 di grado = 1 minuto primo (o più brevemente primo) = 1/360 di angolo giro;

1/60 di primo = 1 minuto secondo (o più brevemente secondo) = 1/3600 di grado. Ogni secondo si divide a sua volta in decimi, centesimi, ...

Shape: forma dell'oggetto grafico scelto per la rappresentazione di dati in un GIS: punto, linea, poligono ecc.

Shapefiles: *files* che contengono dati ed informazioni (attributi) tutti relativi ad uno stesso shape come, ad esempio, un reticolo fluviale, le aree del territorio italiano adibite a parchi ecc.

Sistema di coordinate: ad un sistema di riferimento si associa un sistema di coordinate: ad esempio UTM - WGS84 significa sistema di coordinate UTM (Universal Traverse Mercator) e sistema di riferimento geodetico (datum) WGS84.

Sistema di riferimento geodetico: viene individuato definendo le dimensioni geometriche di un ellissoide; il suo punto di emanazione; il suo orientamento.

Software: termine che designa l'insieme delle procedure, dei programmi che guidano l'hardware di un elaboratore.

Strati informativi: lo strato informativo o *layer* è l'unità base della gestione dei dati in un GIS. Lo strato informativo, in ArcGIS, può contenere solo un tipo di elemento geografico: linee per una rete stradale, punti per i centroidi delle sedi comunali ecc.

Strato tematico: rappresentazione cartografica del risultato della elaborazione dei dati caricati all'interno di un GIS nella quale ai punti, alle linee o alle superfici sono associati dei simboli, a retini e/o a colori, a cui è affidata la rappresentazione cartografica del tema risultato della elaborazione effettuata sui dati all'interno del GIS.

Struttura topologica: l'insieme delle regole topologiche con cui si relazionano i diversi elementi componenti di una mappa in un GIS.

Superficie ellissoidica: è la superficie dell'ellissoide di riferimento.

Tabella degli attributi: le tabelle degli attributi sono una parte integrante dello strato informativo. Ogni tabella è relativa ad un gruppo omogeneo di elementi geografici della carta (le strade, i fiumi, le curve di livello, confini comunali, i laghi ecc.) ed è costituita da un numero variabile di righe e colonne. Ogni riga (record) contiene la descrizione di un singolo elemento geografico ed ogni colonna (campo o attributo) memorizza uno specifico tipo di informazione per quell'elemento.

Tecnologie GPS: Geographic Position System, per la geo-localizzazione di eventuali mezzi mobili di misura e/o di raccolta dati sul campo.

Tele-rilevamento: rilevamento di un oggetto o di un fenomeno, localizzati in una porzione di superficie terrestre, mediante sistemi di registrazione che non siano in contatto fisico con essi.

Tematismo: rappresentazione di una cartografia raster o vettoriale nella quale punti, linee o superfici sono associati a simboli, retini o colori che rappresentano il risultato di un'analisi di qualità (uso del suolo, zone di piano regolatore, densità di popolazione, intensità del traffico su una strada ecc.).

TIN (Triangulated Irregular Network): (letteralmente rete irregolare di triangoli) modello tridimensionale vettoriale del terreno generato a partire da un insieme sparso di punti quotati (piano quotato), costituito da una rete di triangoli irregolari, con i vertici di coordinate x, y, z, condivisi, a partire dal quale è possibile interpolare curve di livello, condurre analisi di visibilità, generare profili longitudinali, effettuare analisi di pendenza e di esposizione, clivometrie ecc. (vedi DTM).

Topografia: o rilevamento topografico, il processo operativo che conduce alla rappresentazione cartografica di una porzione di territorio terrestre.

Topologia: è una delle più importanti branche della matematica moderna. Consiste in sostanza nello studio delle proprietà delle figure e delle forme ed è disciplinata da un insieme di regole per definire in maniera esplicita le relazioni, i rapporti di connessione e di continuità tra gli elementi spaziali e per collegare tali elementi alle relative descrizioni (attributi). In un modello dati topologico, ad esempio, è possibile riconoscere le aree contigue e identificare le linee che delimitano ciascuna superficie. (Approfondimenti in: <http://it.wikipedia.org/wiki/Topologia>)

Topologia poligonale: ogni *feature* (oggetto) in un Geodatabase contiene l'informazione sulla geometria (shape) e può esistere come una entità a sé stante, per questi elementi è stata introdotta la topologia poligonale.

Topologia spaziale: tutte le relazioni tra gli oggetti di una carta devono essere archiviate come un insieme di numeri organizzati, altrimenti, il computer non potrà 'vedere' la carta. Il termine topologia spaziale descrive il concetto di questo collegamento e può essere concepito come informazione aggiunta all'insieme di coordinate cartografiche.

Universal Transverse Mercator: nel sistema di coordinate spaziali UTM (Universal Transverse Mercator) ogni punto del globo terrestre resta individuato da una coppia di valori che costituiscono le coordinate chilometriche o gaussiane. Queste, ricavate dal reticolato chilometrico già tracciato sulle carte topografiche, vengono definite Coordinata Nord (distanza dall'equatore) e Coordinata Est (distanza dal meridiano centrale di tangenza del fuso al quale appartiene il punto).

<http://geomatica.como.polimi.it/corsi/cartografialaurea/introduzione.htm>

Vettoriale: Molti aspetti del mondo reale possono essere rappresentati utilizzando punti, linee e poligoni. Questo tipo di rappresentazione viene generalmente indicato come il modello vettoriale del mondo. I modelli vettoriali sono particolarmente utili per rappresentare e memorizzare oggetti discreti come edifici, strade, particelle catastali, laghi, punti di misura di inquinanti ecc.

Viewing: rappresentazione dell'informazione geografica (visualizzazione di dati geografici e non) attraverso tecniche di elaborazione dei dati e *facilities* offerte dal GIS.

WGS84: sistema di riferimento geodetico mondiale World Geographic System.

Zoom: funzione tipica della quasi totalità dei software GIS che permette ingrandimenti e riduzioni di aree su una mappa risultato di una elaborazione GIS.

Altri glossari on-line

http://www.millaplotting.it/doc/GLOSSARIO_GIS.PDF

<http://www.ac-cad.it/gis/gissuinternet/glossgis.html>

<http://www.ac-cad.it/gis/gissuinternet/glossgis1.html>

<http://www.glossari.it/glossariogis.html>

<http://www.rete.toscana.it/sett/territorio/carto/comunicazione/glossario.htm>

<http://www.geocharta.it/glossario.htm>

http://stradanove.net/~isola/italiano/glossa_m.htm

<http://www.infowork.net/gis/gis-A.htm>

<http://www.agrisit.com/481/index.html>

<http://www.vialattea.net/eratostene/gloss/index.html>

SITI DI INTERESSE

www.googleearth.com

<http://www.esriitalia.it/gisday/index.htm>: *GIS day*. Evento a livello mondiale creato per diffondere le tecnologie GIS nelle scuole, nelle organizzazioni di tutto il mondo e mostrare a milioni di bambini e adulti le capacità di applicazione nella vita quotidiana dei sistemi GIS.

<http://www.rete.toscana.it/sett/territorio/carto/index.htm>: *Festa della geografia*.

www.atlanteitaliano.it: *Portale Cartografico Nazionale*. Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio

<http://www.sinanet.apat.it/site/it-IT/>. La rete del Sistema Informativo Nazionale Ambientale

<http://www.opengis.org>: *OPEN GIS Consortium*

<http://www.opengeospatial.org/>: *Open Geospatial Consortium, Inc. (OGC)*

www.asita.it *Federazione delle Associazioni Scientifiche per le Informazioni Territoriali e Ambientali*

<http://www.ec-gis.org/inspire/>: *INSPIRE, Infrastructure for SPatial InfoRmation in Europe*

<http://www.amfm.it/>: *Automated Mapping Facilities Management GIS- Italia*

<http://www.sifet.it/>: *Società Italiana di Fotogrammetria e Topografia*

<http://www.asita.it/ait>: *Associazione Italiana Telerilevamento*

<http://societageografica.it/>: *Società Geografica Italiana*

<http://www.univ.trieste.it/^aiig/>: *Associazione Italiana Insegnanti di Geografia*

<http://www.agile-online.org/> : *Association Geographic Information Laboratories Europe*

<http://www.udms.net/>: *Urban Data Management Society*

<http://grass.itc.it/>: *software GIS Open Source*

<http://www.gisig.it/>: *GISIG-Geographical Information Systems International Group; Nature GIS*

<http://www.gisgroup.org/>: *LTS Land Technologies and Services*

<http://www.ec-gis.org/>: *EC GI & GIS Portal*

<http://sdi.jrc.it/>: *Spatial Data Infrastructure (SDI) Unit*

<http://www.gis.com/>: *Internet guide to GIS*

<http://www.intesagis.it/>: *Intesa GIS - Intesa Stato-Regioni-Enti Locali per la realizzazione dei sistemi informativi geografici*

<http://www.esri.com/>: casa produttrice del software *GIS ArcGIS*.

<http://www.esri.com/news/arcuser/index.html>

<http://www.esri.com/news/arcnews/arcnews.html>

<http://www.esri.com/training/virtualclassroom.html>

www.ermapper.com: *Enterprise Geospatial Imagery Solution*

http://www.eurogi.org/index_1024.html: *EUROpean umbrella Organisation for Geographic Information*

<http://www.ec-gis.org/index.cfm>: *The EC GI & GIS portal provides information on European GI & GIS Activities including information on GI & GIS Activities within the European Commission.*

<http://www.ec-gis.org/>: *GISCO, Geographical Information Systems for the COMmission of European Community*

<http://www.ec-gis.org/activities.cfm>: *European Commission GI Related Activities*

<http://eusoiils.jrc.it/>: *Land Management & Natural Hazards Unit*

<http://romulus.arc.uniroma1.it/>: *Laboratorio di Sistemi Informativi Territoriali e Ambientali*

<http://labsita.arc.uniroma1.it/Pubblicazioni/pubblica.html>: *archivio delle pubblicazioni LABSITA*

<http://www.ec-gis.org/etemii/>: *ETeMII, European Territorial Management Information Infrastructure,*

<http://www.globalclearinghouse.org/Portal/index.cfm> : *Global Information Clearinghouse Portal*

<http://maic.jmu.edu/sic/glossary.htm> : *Spatial Information Clearinghouse – Glossary*

<http://www.clemdes.org/>: *Clearing House Mechanism on Desertification for the Northern Mediterranean Region*

<http://biodiversity-chm.eea.eu.int/>: *European Community Biodiversity Clearing House Mechanism*

<http://gisbau.uniroma1.it/>: *Web GIS della Rete Ecologica Nazionale dei Vertebrati Italiani*

http://europa.eu.int/index_en.htm: *Gateway to the European Union*

<http://www.eiro.eurofound.ie/index.html>: *European industrial relations observatory on-line*

<http://www.eurofound.eu.int>: *European Foundation for the Improvement of Living and Working Conditions*

<http://europa.eu.int/comm/research/era/mapping-excellence.html>: *Mapping of Excellence in European Research Area*

http://europa.eu.int/comm/education/index_en.html: *Education and training*

<http://www.eden-online.org/eden.php>: *European Distance and E-Learning Network*

<http://www.online-educa.com/>: *Online Educa Berlin, International Conference on Technology Supported Learning & Training*

<http://www.conf-info.org/eista06/website/default.asp>: *International Conference on Education and Information Systems: Technologies and Applications.*

<http://pages.towson.edu/gtrajkov/ELTEC2006/>: *E-Learning Technologies: Experiences and Challenges 2006*

BIBLIOGRAFIA

Dall'autrice

E. Caiaffa, A. Pellegrini, *X_METEOGRAPH E MO.D.A.: due sistemi informativi per la visualizzazione ed elaborazione interattiva di dati meteorologici e di qualità dell'aria*. ENEA RT/AMB(96)21, 1996.

E. Caiaffa, *European Marine Information System: EUMARIS*. ENEA RT/AMB(99)21, 1999.

E. Caiaffa, *Il GIS come supporto ai Processi di Pianificazione Territoriale*. ENEA RT/AMB(2000)1, 2000

E. Caiaffa, *European Marine Information System: EUMARIS prototype*". Proceedings. OCEANS 2000 MTS/IEEE Conference, Providence, RI, U.S.A., September 11-14, 2000.

E. Caiaffa, *EUMARIS: il GIS come strumento per la valutazione dello stato dei mari*. Energia, Ambiente e Innovazione, Ed. ENEA, n. 6, 2000.

E. Caiaffa, *La potenzialità del GIS come strumento di supporto nelle scienze socio-economiche*. Energia, Ambiente e Innovazione, Ed. ENEA, n. 1, 2002.

E. Caiaffa, G. Leoni, *Contributo del GIS alla modellazione delle dinamiche territoriali. Il caso di studio della Piana di Fondi*, Ed. ENEA/FEEM, gennaio 2003.

E. Caiaffa, *La scienza dell'Informazione Geografica e il GIS*. Energia, Ambiente e Innovazione, Ed. ENEA, n. 6, 2002.

E. Caiaffa, *Una società basata sulla conoscenza con il GIS*. Energia, Ambiente e Innovazione, Ed. ENEA, n. 2, 2003.

E. Caiaffa, *Geographic Information Science in Planning and in Forecasting*. IPTS Report, vol. 76, luglio 2003.

E. Caiaffa, F. Frattarelli, *Contributo del GIS nello Studio di Analisi Ambientale*. Progetto Life02env/It/000111 "New Tuscia"^{cc}, Relazione ENEA, marzo 2004.

E. Caiaffa, F. Frattarelli, *L'analisi ambientale del comprensorio territoriale della Tuscia romana*, Progetto Life02env/It/000111 "New Tuscia"^{cc}, ATLANTE delle CARTE TEMATICHE, marzo 2004.

M.L. Bargellini, E. Caiaffa, G. Casadei, L. Puccia, *DISTANCE LEARNING: la diffusione dell'informazione scientifica e il trasferimento tecnologico*, Proceedings DIDAMATICA, Ferrara, maggio 2004.

M.L. Bargellini, E. Caiaffa, G. Casadei, L. Puccia, *SIGEO: un corso in e-learning per la diffusione della conoscenza dei Geographic Information Systems*", Proceedings XC Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Brescia, 20 – 25 settembre 2004.

M.L. Bargellini, E.Caiaffa, G.Casadei, S. Coletti, L. Puccia, *Effective and Efficient e-learning for Dissemination of Scientific Information and Technological Transfer: methodological proposals*. Proceedings ONLINE EDUCA BERLIN: 10th international conference on technology supported learning and training, Berlino, Dicembre 2004.

M.L. Bargellini, E.Caiaffa, G. Casadei, S. Coletti, L. Puccia, *e-Dissemination of Geographic Information Science: SIGEO course*. Proceedings. AGILE 8th Conference on Geographic Information Science, Estoril, PORTUGAL, 26-28-May 2005.

E. Caiaffa, *Geographic Information Science for geo-knowledge-based governance*. Proceedings. AGILE 2005 8th Conference on Geographic Information Science, Estoril, PORTUGAL, 26-28-May 2005.

E. Caiaffa, *Il contributo del GIS nello studio dell'analisi ambientale*. Energia, Ambiente e Innovazione, Ed. ENEA, n. 3, 2005.

M.L. Bargellini, E.Caiaffa, G. Casadei, S. Coletti, L. Puccia, C. Starmoni, V. Tacconi, *A Self-Assessment Automatic System for Lifelong E-learning*. Proceedings. EDEN European Distance and E-Learning Network, Helsinki, FINLAND, 20-23-June 2005.

E.Caiaffa, *La Scienza dell'Informazione Geografica nella Pubblica Amministrazione: un passo verso le soluzioni geo-eGovernment*. Proceedings. EXPO E-LEARNING, Ferrara, 6-7-8 ottobre 2005.

M.L. Bargellini, E.Caiaffa, G.Casadei, S.Coletti, L. Puccia, C. Starmoni, V. Tacconi, *L'Autovalutazione come percorso di apprendimento*, Proceedings. E-LEARNING: Protagonista Dello Sviluppo Della Società Della Conoscenza, EXPO E-LEARNING, Ferrara 2005.

E. Caiaffa, *Geographic Information Systems: How GIS technologies improve regional or local energy plans*, NetSeminar UNESCO, progetto DESIRE', Casaccia, 28 luglio 2006.

E.Caiaffa, *Il GIS come strumento di analisi per il bilancio idrico in un'area potenzialmente soggetta al fenomeno desertificazione* Proceedings XCII Congresso Nazionale della Società Italiana di Fisica, Torino, 18-23 settembre 2006.

Immagini tra presente e passato

- M. Baratta, *Leonardo da Vinci e la Cartografia*. Voghera, Officina d'Arti Grafiche 1912.
- A. B. Lloyd, *The Story of Maps*, paperback Dover publication 1979.
- C. Perdetti, *Leonardo e la lettura del territorio in Lombardia*, in *Lombardia, il territorio, l'ambiente, il paesaggio*. A cura di C. Pirovano, Electa, Milano 1980.
- J. Schultz, *La cartografia tra scienza ed arte. Carte e cartografi del Rinascimento italiano*. Ferrara, Panini 1990.
- E. Gamba, V. Montebelli, *La terra e le sue copie: Leonardo, Raffaello, Boscovich. La cartografia del ducato e della legislazione di Urbino*. Cassa di Risparmio di Pesaro, Pesaro 1991.
- F. Farinelli, *I segni del mondo-Immagine cartografica e discorso geografico in età moderna*. La Nuova Italia, Firenze, 1992.
- Il Fondo Cartografico dell'Osservatorio Ximeniano di Firenze*. Catalogo a cura di D. Barsanti, Giunta Regionale Toscana, Editrice Bibliografica, Firenze, 1992.
- Imago et descriptio Tusciae. La Toscana nella geocartografia dal XV al XIX secolo*. A cura di L. Rombai, Marsilio, Venezia, 1993.
- Joseph K. Berry, *What Does Your Computer Really Think of Your Map?*, in: GIS World n.11/1994
- R. H. Guting, *An Introduction to Spatial Database Systems*, Invited Contribution to a Special Issue on Spatial Database Systems of the VLDB Journal, Vol. 3, N°. 4, October 1994.
- M. Clayton, *Leonardo da Vinci. A Curious Vision*. London 1996.
- W. Andrewes, *The Quest for Longitude*. Harvard University Press. Cambridge, USA, 1996
- L. Nuti *Ritratti di città: visione e memoria tra Medioevo e Settecento*. Marsilio, Venezia 1996.
- P. Burrough, M. Craglia, I. Masser, D. Rhind, *Decision makers' perspectives on European geographic information*, Transactions in GIS, Vol. 1, No. 1, 1997.
- M. Craglia, I. Masser, *A European policy framework for Geographic Information*, Computers Environment and Urban System, 21(6), 1997.
- Munro, *A Strategic View of GIS research and Technology Development for Europe*, JRC-SAI, 1998.
- E. Casti Moreschi, *L'ordine del mondo e la sua rappresentazione. Seriosi cartografica e autoreferenza*. Unicopli, Milano 1998.
- C. Starnazzi, *Leonardo da Vinci: un cartografo tra Euclide e Tolomeo*. L'Universo, LXXVIII, 1998.

- D. Domini, M. Milanesi, *Vincenzo Coronelli e l'Imago Mundi*. Longo Editore, Ravenna, 1998.
- C. De Seta, *L'immagine delle città italiane dal XV al XIX secolo*. (mostra Napoli 1999), DeLuca, Roma 1999.
- E. Dekker, *Globes at Greenwich. A Catalogue of the Globes and Armillary Spheres in the National Maritime Museum*. Oxford University Press, 1999.
- M. J. Egenhofer, J. Glasgow, O. Gunther, J. R. Herring, D. J. Peuquet, *Progress in Computational Methods for Representing Geographic Concepts*, International Journal of Geographical Information Science, 1999.
- P. Ciaccia, *Sistemi Database Spaziali: un'introduzione*, DEIS-CSITE-C.N.R., Bologna, 1 aprile 1999.
- C. Starnazzi, *Dalle carte di Leonardo: il Trasimeno e le Chiane nei sogni di un ingegnere*. L'Universo, XXX, 2000.
- D. M. Mark, C. Freksa, S. C. Hirtle, R. Lloyd, B. Tversky, *Cognitive Models of Geographic Space*. International Journal of Geographical Information Science, 1999.
- R. W. Greene, *GIS in Public Policy*, ESRI Press 2000.
- R. Bukley, M. Gahegan, K. Clarke, *Geographic Visualization*, UCGIS, Emerging Themes in GIScience Research, 2000.
- J. Black, *Maps and History: Constructing Images of the Past*, paperback Yale University Press, September 2000.
- B. Buttenfield, M. Gahegan, H. Miller, M. Yuan, *Geospatial Data Mining and Knowledge Discovery*, UCGIS, 2000.
- M. Salvemini, F. Toppen, *Certification of the GI professional, an issue (again) or not (yet)?* 4th AGILE Conference on GIScience proceedings, 2001
- R. Brail, R. Klosterman, *Planning Support System*, ESRI Press, 2001.
- S. Gentile, *Il ritorno della scienza antica*, in *Storia della scienza*, IV, Roma, Istituto della Enciclopedia Italiana, 2001.
- Discorso di Kofi Annan, Segretario Generale delle Nazioni Unite, sulla collaborazione della geografia nei riguardi delle Nazioni Unite*, 97° meeting, Association of American Geographers, AAG New York, 1° marzo 2001 versione italiana
http://www.societageografica.it/editoriale/discorso_annan/italiano.htm
<http://www.societageografica.it/editoriale/main.htm>
- Discorso di Kofi Annan, Secretary-General asks United States Geographers to work with him to tackle Climate Change Problems, Environmental Degradation and Sustainable Development*, 97° Meeting, Association of American Geographers, AAG, New York, 1° Marzo 2001 versione inglese
http://www.societageografica.it/editoriale/discorso_annan/english.htm

L. Lago, *Imago Italiane. La 'fabbrica' dell'Italia nella storia della cartografia tra Medioevo ed età moderna. Realtà, immagine ed immaginazione dai Codici di Claudio Tolomeo all'Atlante di Giovanni Antonio Magini*. Trieste, Ed. Università di Trieste/Goliardica Editrice 2002.

Segni e sogni della Terra - Il disegno del mondo dal mito di Atlante alla geografia delle reti. Istituto Geografico De Agostini, 2002.

<http://www.deagostini.it/centenario/index.html>

http://www.deagostini.it/centenario/mostra/art_mostra.htm

Carte di riso. Genti, paesaggi, colori dell'Estremo Oriente, nelle collezioni della Società Geografica Italiana. Società Geografica Italiana, 2002.

<http://marciana.venezia.sbn.it/index.html>

<http://marciana.venezia.sbn.it/mriso.html>

ArcNews, *ArcGIS 8.3 Brings Topology to the Geodatabase*, Vol. 24, n. 2, Summer 2002

C. Bambach, et al., *Leonardo da Vinci: Master Draftsman*. New York 2003.

Leonardo Genio e Cartografo. Rappresentazione del territorio tra scienza ed arte:

Editore: IGM, Arezzo, Palazzo Comunale, 21 giugno - 30 settembre 2003.

Firenze, 2003; pp. 384, ill. b/n col. Soggetto: Codici miniati e manoscritti.

<http://www.libroco.it/cgi-bin/vetrina.cgi>

<http://www.libroco.it/cgi-bin/lista.cgi>

Lo sguardo di ICARO. Le collezioni dell'Aerofototeca Nazionale per la conoscenza del territorio. 2003

<http://www.photographers.it/articoli/losguardododicaro.htm>

M. L. Bargellini, G. Casadei, L. Puccia, *Design and Usability methodology in E-learning*. 2004. A Case Study. Proceeding of the 3rd EDEN Research Workshop, Holdenburg, Germany. ISBN 3-8142-0902-8, pp 529-535.

C. STARNONI *Progettazione e realizzazione di un sistema automatico di autovalutazione per corsi e-learning*, tesi di laurea in Ingegneria Informatica dell'Università "Roma III" svolta in ENEA a.a. 2003-2004, 2004.

M. Salvemini, *From the GIS to the SDI: a design path*. 7th AGILE Conference on GIScience proceedings, 2004

M. L. BARGELLINI, G. CASADEI, S. COLETTI, L. PUCCIA *KM² - Knowledge Management Methodology. Una metodologia per la progettazione di percorsi di apprendimento in rete orientati alla diffusione dell'informazione scientifica e al trasferimento tecnologico* ENEA press. ISBN 88-8286-116-3, pp 165, Roma, 2005.

S. Sironi, *I database a oggetti*, Corso di perfezionamento VAST, Università degli Studi di Milano-Bicocca DISAT, 2005

Metainformazione geografica e Standard geografici

<http://www.epa.gov/nsdi/>: U.S. Environmental Protection Agency, Geospatial Data Clearing House

INSPIRE: <http://inspire.jrc.it/>

ISO: <http://www.iso.org/>

ISO standards development:

<http://www.iso.ch/iso/en/stdsdevelopment/whowhenhow/how.html>

Technical Specification:

http://www.iso.ch/iso/en/stdsdevelopment/whowhenhow/proc/deliverables/iso_ts.html

ISO Technical Committee 211 Geographic information/Geomatics:

<http://www.isotc211.org>

INCITS InterNational Committee for Information Technology Standards:

<http://www.incits.org/>

INCITS Technical Committee L1: <http://www.incits-l1.org>

ANSI American National Standards Institute: <http://www.ansi.org/>

Geospatial One-Stop U.S. National Spatial Data Infrastructure:

<http://www.geo-one-stop.gov>

Geodata.gov U.S. Maps & data: <http://gos2.geodata.gov/wps/portal/gos>

FGDC Federal Geographic Data Committee: <http://www.fgdc.gov/metadata>

<http://www.intesagis.it/> *Intesa Stato - Regioni - Enti Locali* Gruppo di lavoro sulle specifiche per i Data Base Topografici DBPrior10k – Specifiche tecniche – WG01 / DBP10k N1005

<http://www.ec-gis.org/etemii/> ETeMII (European Territorial Management Information Infrastructure,), Workshop on metadata, 23+24 March 2000, Jean Monnet building – Luxembourg.

Dublin Core Metadata Initiative: <http://dublincore.org/>

Minutes of January meeting of CEN/ISSS Workshop on Metadata for Multimedia Information – Dublin Core (MMI-DC), Brussels 25+26/01/2000.

The OpenGIS™ Abstract Specification, Topic 11: Metadata, Version 4, Open GIS Consortium (<http://www.opengis.org>), March 1999, download da: <http://www.opengis.org/techno/specs.htm>.

Ma i metadati dove sono?, Giovanni Biallo, MondoGis n. 19, Febbraio 2000 (<http://www.mondogis.it>).

Dublin Core Metadata Element Set, Version 1.1: Reference Description, Dublin Core Metadata Initiative, aggiornato al Luglio 1999, download da:

<http://purl.oclc.org/dc/documents/rec-dces-19990702.htm>.

Review of ANZLIC Metadata Guidelines, Australian Spatial Data Directory, 25 May 2000, <http://www.giconnections.vic.gov.au/metareview/known.html>.

Z39.50 Application Profile for Geospatial Metadata or "GEO", Version 2.2, 27 May 2000, Douglas D. Nebert, FGDC/USGS, download da: <http://www.blueangeltech.com/Standards/GeoProfile/geo22.htm>.

I Metadati sulla Laguna Veneta, A. Bianchin e D. Schiuma, Documenti del Territorio n.38, Aprile-Settembre 1998.

Using ArcCatalog, ArcInfo 8 (Gis By ESRI), Aleta Vienneau, Environmental Systems Research Institute, Inc., 1999.

NOAA Coastal Services Center: <http://www.csc.noaa.gov/metadata/download.html>

FGDC/ISO Metadata Standard Harmonization, FGDC, aggiornato al Marzo 2000, download da: <http://www.fgdc.gov/metadata/whatsnew/fgdciso.html>.

MADAME - Methods for Access to Data And Metadata in Europe, download da: <http://www.info2000-madame.org>

Gli standard, Giovanni Biallo, MondoGis n. 2, Giugno 1996 (<http://www.mondogis.it>).

The European Normative, Sistemi Territoriali S.r.l., download da: <http://www.sister.it/eng/socratehome/help/european.htm>.

Sistema interscambio Catasto-Comuni, Maurizio Talamo, MondoGis n. 2, Giugno 1996.

Il Sistema di Comunicazione di dati Territoriali, Franco Arcieri, MondoGis n. 19, Febbraio 2000.

I servizi territoriali del Sistema Informativo della Montagna, C. Muscaritoli, F. Lancia e S. Pieri, MondoGis n. 17, Settembre 1999.

GeoAtlante, La base informativa geografica integrata regionale, Marzia Margiotta, MondoGis n. 15, Aprile 1999.

Discovery Metadata Transfer Format and Communications Protocol Guidelines, Version 1.2, April 2000, National Geospatial Data Framework (NGDF), download da: <http://www.ngdf.org.uk/Metadata/>.

MapInfo Corp.: <http://www.mapinfo.com/software/mdb/index.html>.

E. Cappadozzi, *Repertorio Nazionale Dati Territoriali Pubblici*, Comitato Tecnico Nazionale Per Il Coordinamento Informatico Dei Dati Territoriali, CTN 27 gennaio 2005

P. Lega, R. Bruschi, *Standard di documentazione dei dati per l'Osservatorio Provinciale sulla Sostenibilità dello Sviluppo*, Amministrazione Provinciale di Piacenza - Area Programmazione territoriale - Infrastrutture - Ambiente, SPTU - Servizio Programmazione Territoriale e Urbanistica, Rapporto interno n. 04/03, Marzo 2003

G. Chirici, P. Corona, *geoLAB – Laboratorio di Geomatica: una struttura di supporto delle Università di Firenze per lo sviluppo e la diffusione dell'informazione ambientale*, Contributo presentato alla III Conferenza MondoGIS: Usi e consumi dell'informazione geografica, Roma, 23-25 maggio 2001.

www.geolab.unifi.it : Laboratorio di Geomatica

<http://www.fgdc.gov/metadata>: *Geospatial Metadata*

<http://www.fgdc.gov/metadata/geospatial-metadata-standards>: *Geospatial Metadata Standards*

<http://www.fgdc.gov/metadata/metadata-publications-list>: *Metadata Publications*

<http://www.fgdc.gov/standards/process> : *find out where FGDC standards are in the FGDC standards process.*

eGovernment

Y.A.M. Neyazi, *GIS based e-government for urban planning Al-Madinah case study KSA*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

H. Pundt, *Semantics in urban GIS*, Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

N. Odendaal, *Towards an understanding of spatially enabled e-Governance: an initial exploration of issues and implications*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

<http://www.cordis.lu/science-society/home.html>: Science and Society European Website

<http://www.cordis.lu/citizens/citizens.htm>: *Citizens and governance in a knowledge-based society*

<http://en.wikipedia.org/wiki/EGovernment>

Web GIS

Web GIS: Officina città-verso l'Urban Centre di Torino

<http://www.oct.torino.it/index0.htm>

A. Scaringella, *Una Applicazione GIS su WWW per la Fruizione Multimediale dell'Atlante della Cina di Ruggieri*. Atti del Workshop W1. AI*IA-Intelligenza Artificiale per i Beni Culturali. 14 Settembre 1999

<http://studi131.casaccia.enea.it/enea/apps/aiia/scar.pdf>

A. Cataldo, A. M. Rinaldi. *Le tecnologie Web-GIS nella definizione di itinerari turistici personalizzati*.

<http://217.58.108.240/cartografia/eventi/7confNazAsita/cd/Pdf/FIN376.pdf>

A. Evans et al., *Web-based GIS used to enhance public democratic involvement*, 1999-1 [on-line]: <http://www.geog.leeds.ac.uk/research/papers/>

M. Weidenbach, *Multimedia GIS: A New Tool For Landuse Planning*.

[on-line]: <http://www.lrz-muenchen.de/~lmm/daten/foram/index.htm>

N. Maiellaro, *A Web-Based Free GIS for On-Line Permits*. Computer in Urban Planning and Urban Management, Hawaii, USA 2001

T. Carnielli, C. D'agata, G. Diolaiuti, A. Lombardi, M. Pelfini, C. Smiraglia, *Gestione tramite GIS di database naturalistici per la valorizzazione territoriale e la promozione turistica di aree alpine italiane*.

<http://217.58.108.240/cartografia/eventi/7confNazAsita/cd/Pdf/fin235.pdf>

R. Arcozzi, A. Palumbo, *Il Gis-Web "sentieri" della Regione Emilia-Romagna*.

<http://217.58.108.240/cartografia/eventi/7confNazAsita/cd/Pdf/FIN048.pdf>

M. Breviglieri, A. Geri, E. Sala, *SIWGREI: Sistema Informativo Web GIS per la gestione della Rete Sentieristica Italiana*

<http://217.58.108.240/cartografia/eventi/7confNazAsita/cd/Pdf/fin032.pdf>

D. Sarazzi, *Verso l'interfacciamento e l'integrazione di diversi Web GIS; la proposta del CAI*

<http://217.58.108.240/cartografia/eventi/7confNazAsita/cd/Pdf/Fin263.pdf>

M. Sebillio, G. Tortora, M. Tucci e G. Vitello, *Verso un Ambiente Visuale Web GIS per la Catalogazione e la Pubblicazione di Dati Archeologici*.

<http://giove.cnuce.cnr.it/simposioHCI01/147.pdf>

Remote sensing

G. Vozikis, *Urban data collection: an automated approach in remote sensing*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

D. Pantazis, Li Yingcheng, T. Guo, H. Karathanassis, D. Stathakis, C. Santimpantakis, *The update of topographic maps of middle scales using high resolution satellite images: final conclusions*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

N. Stephenne, E. Wolff, F. Canters, *Geographic Information needs of local and regional authorities in Belgium*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

F. Samadzadegan, R. Ali Abbaspour, *Automatic revision of urban geospatial databases using high resolution satellite images based on information fusion concepts*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

F. Canters, W. De Genst, *Extracting detailed urban land-cover information from hyper-spectral imagery*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

G. Vozikis, *Urban data collection: an automated approach in remote sensing*. Proceedings of 24th Urban Data Management Symposium, UDMS'04, Chioggia, Italy, October 27-29, 2004

www.planetek.it

EUROLANDSCAPE: No. 1 2001 Geo-Information for Development and Environmental:

- **Monitoring**

<http://www.jrc.cec.eu.int/download/workprogram2001-en.pdf>

<http://www.boku.ac.at/research/Water2.pdf>

- **Catchments** : *Catchment Characterization and Modelling*

<http://agrienv.jrc.it/publications/pdfs/CCM-Intro.pdf>

- **Forestry** : *European Forestry*

http://europa.eu.int/comm/agriculture/fore/index_en.htm

<http://www.efi.fi/>

MOLAND : Monitoring Land Cover/Use Dynamics:

<http://moland.jrc.it/>

<http://moland.jrc.it/documents/Vienna%20Conference.pdf>

SCALe : Studying Complex Landscape Structures

<http://ams.jrc.it/>

RIVISTE GIS

<http://www.blackwellpublishing.com/geography/> : This website provides easy access to information on Blackwell books and journals in geography, development studies, urban studies and regional studies.

Transactions in GIS, Editors: Johon P. Wilson, A. Stewart Fotheringham, Gary J. Hunter, Blackwell Publishers, Oxford.

<http://www.cangeo.ca/>: Canadian Geographic

<http://www.eonline.com/>: Geospatial Technologies in your World

<http://151.1.152.220/mondogis/>: geografia, informazione società

http://www.geoshop.it/prodotti/riviste/testi_ita.html: Libri e riviste con testi in lingua italiana

http://www.geoshop.it/prodotti/riviste/testi_ing.html: Libri e riviste con testi in lingua inglese

<http://www.geoesplora.net/>: MondoGIS in tour

<http://w3.uniroma1.it/COBAI/pagine/aei/i-ambgen.htm> : elenco riviste e siti di ambiente e territorio

Technological Forecasting & Social Change, *An International Journal*, NOTH – HOLLAND

Planetek Italia, *Telerilevamento, Ambiente e Territorio*, <http://www.planetek.it>

ArcUser, *The Magazine for ESRI Software Users*, ESRI Press

Mondo GIS, *Il Mondo dei Sistemi Informativi Geografici*, Unione Stampa periodica Italiana

Documenti del Territorio, Centro Interregionale di Coordinamento e Documentazione per la Informazione Territoriale.