

GIANCARLO GRACI PAOLO PILERI MARCO SEDAZZARI

**GIS E AMBIENTE**  
**GUIDA ALL'USO DI ARCGIS PER L'ANALISI DEL TERRITORIO**  
**E LA VALUTAZIONE AMBIENTALE**



### SERVIZI GRATUITI ON LINE

Questo libro dispone dei seguenti servizi gratuiti disponibili on line:

- filodiretto con gli autori
- le risposte degli autori a quesiti precedenti
- files di aggiornamento al testo
- possibilità di inserire il proprio commento al libro.

L'indirizzo per accedere ai servizi è: [www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8227](http://www.darioflaccovio.it/scheda/?codice=DF8227)

## *Premessa*

Nella mia esperienza didattica e professionale ho sempre proposto agli studenti l'utilizzo dei GIS quale strumenti fondamentali per condurre le analisi ambientali e territoriali.

A mia volta ho consultato molti manuali fino a decidere, con gli altri autori del testo, che fosse opportuno progettarne uno che provasse a cambiare approccio.

Durante questi studi, mi ha colpito l'incipit di uno dei primi manuali di MapMaker, a metà degli anni Novanta, che esordiva più o meno così: *“Per iniziare ad imparare ad usare un GIS, spegni il computer, pensa a cosa vuoi fare e definisci le fasi di lavoro che si succedono tra loro e quali risultati vuoi ottenere”*.

In queste due righe si condensa quella che è la chiave del successo per l'uso di un GIS: l'idea del progetto e la capacità di definire un metaprogetto vengono prima della capacità d'uso di qualsiasi software. In tutti questi anni di insegnamento, mi sono accorto che il “rischio” nell'utilizzo di un sistema informatico intrigante e complesso come un GIS è proprio quello di scivolare verso la dimensione computazionale, esasperandola, talvolta rischiando di perdere così di vista l'obiettivo da raggiungere.

Invece i GIS sono e devono rimanere un utilissimo strumento nelle mani di chi parte da un'idea, da un progetto e ne fa uso per razionalizzarne e semplificarne lo sviluppo.

Oggi l'affermazione e la diffusione dei GIS nell'ambito dei processi decisionali, della pianificazione territoriale e della valutazione ambientale (a maggior ragione con l'avvento della valutazione ambientale strategica – VAS) sono un dato di fatto per tutti i livelli amministrativi (dal comune alla regione) e per i diversi soggetti professionali (pubblici e privati).

L'uso dei GIS, si vedrà nello sviluppo del testo, offre almeno tre grandi opportunità all'analista ambientale e territoriale:

- utilizzare i dati territoriali e spazializzarli alle diverse scale geografiche: nuove visioni si apriranno alla sua interpretazione, migliorando la sua visione analitica e la sua capacità di formare la decisione;
- utilizzare dati e cartografia come basi di dati geografiche per la gestione delle informazioni territoriali ed ambientali;
- utilizzare le potenzialità di rappresentazione di un GIS per coinvolgere i soggetti che partecipano al percorso decisionale, mostrando loro risultati, scenari, alternative, fornendo loro uno strumento interpretativo utilissimo per costruire un progetto condiviso di territorio.

Uno strumento operativo che accomuna queste tre potenzialità è l'indicatore, ovvero quella misura qualitativa o quantitativa che è capace di fornire informazioni strategiche che vanno al di là della misura stessa divenendo così nodale per prendere molte decisioni di governo del territorio e/o di gestione dell'ambiente e o di progettazione del paesaggio.

Gli indicatori sono importanti per la pianificazione territoriale e per la valutazione ambientale e conseguentemente assumono un ruolo fondamentale nell'utilizzo dei GIS, che ne consentono il calcolo e la rappresentazione con straordinaria efficacia.

Nel testo si è scelto di spiegare come usare un GIS utilizzando la tecnica della "presa diretta", ovvero attraverso la spiegazione diretta di come fare a calcolare e rappresentare alcuni indicatori attraverso i sistemi geografici.

Il lettore imparerà ad utilizzare comandi, menu, scorciatoie, metodi e criteri attraverso esercizi basati proprio sul calcolo e la rappresentazione di alcuni indicatori ambientali frequentemente utilizzati nella pianificazione territoriale e urbana e nella valutazione ambientale.

Così il lettore imparerà cos'è un buffer e come crearlo o quando e come si esegue una intersezione tra diverse geometrie mentre impara a calcolare la densità territoriale o l'intensità d'uso del suolo o il coefficiente di boscosità.

Imparerà a utilizzare le potenzialità offerte dal GIS in tema di definizione degli intervalli di valore da utilizzare per le legende, ponendosi il problema di come rappresentare un indicatore in funzione di cosa vuole comunicare e a chi.

Come tutti i testi alla prima edizione, anche questo non sfugge alla valutazione da parte dei lettori. Sicuramente le loro opinioni e i loro suggerimenti, che aspettiamo e per i quali già ringraziamo, concorreranno a migliorare questo manuale che, sebbene provenga da un'esperienza didattica pluriennale degli autori, è sempre migliorabile e non si può dire mai definitivamente completo. A questo proposito, si rimanda alla sezione *Filodiretto*, presente nella scheda del libro consultabile sul sito [www.darioflaccovio.it](http://www.darioflaccovio.it), che consente di mettersi in contatto diretto con gli autori del presente volume.

*Paolo Pileri*

## **Indice**

Premessa

pag. IX

### **PARTE PRIMA**

#### **Introduzione ai sistemi informativi geografici**

##### **1. Introduzione ai sistemi informativi geografici (G.Graci, M.Sedazzari)**

1.1. Generalità	3
1.2. L'organizzazione dell'informazione nei sistemi informativi geografici	4
1.3. L'elaborazione dell'informazione nei sistemi informativi geografici	5
1.4. Le tipologie di dati geografici: i modelli vettoriali e raster	6
1.5. L'origine dei formati vettoriali: il CAD	8
1.6. L'evoluzione dei formati vettoriali: il modello di dati GIS	9

##### **2. Alcuni dati di base per le analisi territoriali (F.Manfredini)**

2.1. Generalità	11
2.2. Dati statistici, socio-economici e territoriali	12
2.3. Carte di base e carte tematiche	12
2.4. La cartografia di base	13
2.4.1. Le basi IGM: la cartografia ufficiale italiana	13
2.4.2. I segni convenzionali della cartografia IGM	15
2.5. Le carte tecniche regionali	17
2.6. La cartografia tematica	19
2.6.1. Densità della popolazione	20
2.6.2. La carta di copertura del suolo	20
2.6.2.1. Corine land cover	21
2.6.3. DUSAF – Cartografia delle destinazioni degli usi dei suoli agricoli e forestali della regione Lombardia	23

##### **3. Cenni sulla rappresentazione digitale della morfologia del territorio: DEM e TIN (F.Manfredini)**

3.1. Generalità	25
-----------------	----

### **PARTE SECONDA**

#### **Calcolo e rappresentazione degli indicatori**

##### **1. La rappresentazione di indicatori di base (G.Graci, P.Pileri, M.Sedazzari)**

1.1. Indicatori ambientali e GIS	29
1.1.1. Unità territoriale di riferimento per la rappresentazione degli indicatori	31
1.2. Indicatore “popolazione residente” [#]	33
1.2.1. Definizione	33
1.2.2. Procedura GIS	33
1.3. Indicatori “densità abitativa territoriale” e “intensità d'uso del territorio” [ab./ha o ab./km <sup>2</sup> ]	35
1.3.1. Definizione	35
1.3.2. Densità abitativa territoriale: (abitanti residenti)/(superficie territoriale totale)	35
1.3.2.1. Procedura GIS	36
1.3.3. Intensità d'uso del territorio o densità abitativa territoriale netta: (abitanti residenti)/(superficie territoriale urbana)	36
1.3.3.1. Procedura GIS	38
1.4. Indicatore “tasso di crescita della popolazione” [%]	41
1.4.1. Definizione	41
1.4.2. Procedura GIS	43
1.4.3. Rappresentazioni GIS derivate	45
1.5. Indice di vecchiaia [%]	46
1.5.1. Definizione	46
1.5.2. Procedura GIS	48

##### **2. La rappresentazione di indicatori di base provenienti da basi geografiche: indicatori di copertura e uso del suolo (G.Graci, P.Pileri, M.Sedazzari, D.La Rosa)**

2.1. Generalità	51
2.2. Superfici per abitante [ha/ab. o m <sup>2</sup> /ab.]	54
2.2.1. Definizione	54
2.3. Coperture del suolo	55
2.3.1. Definizione	55
2.3.2. Conteggio dei poligoni delle coperture e usi del suolo per categoria [#]	56
2.3.2.1. Definizione	56
2.3.2.2. Procedura GIS	58
2.3.3. Superficie delle coperture e usi del suolo per categoria [m <sup>2</sup> ]	60
2.3.3.1. Definizione	60
2.3.3.2. Procedura GIS	61
2.3.4. Dimensione media delle aree per categoria [ha/n; ha]	62
2.3.4.1. Definizione	62
2.3.4.2. Procedura GIS	63

2.3.5. Coefficienti di copertura del suolo per categoria [%]	64
2.3.5.1. Definizione	64
2.3.5.2. Procedura GIS	66
2.3.6. Coefficiente o indice di biopermeabilità (C <sub>biop</sub> ) [%]	69
2.3.6.1. Definizione	69
2.3.7. Coefficienti o indici che si basano sulla valutazione di variazioni di superficie	70
2.3.7.1. Definizione	70
2.3.7.2. Procedura GIS	71
2.4. Coefficienti e indici di dotazione o densità lineari	72
2.4.1. Coefficienti o indici di dotazione relativi alla natura: dotazione agroforestale o densità agroforestale [m/ha]	73
2.4.1.1. Definizione	73
2.4.2. Coefficienti o indici di dotazione relativi alle strutture/infrastrutture antropiche: dotazione infrastrutturale o densità infrastrutturale [m/km <sup>2</sup> ]	74
2.4.2.1. Definizione	74
2.4.2.2. Procedura GIS	75
2.5. Coefficienti o indici di forma	77
2.5.1. Definizione	77
2.5.2. Il rapporto perimetro/area (o frammentazione dei margini) [m/m <sup>2</sup> ]	78
2.5.2.1. Definizione	78
2.5.2.2. Procedura GIS	79
2.5.3. Il rapporto perimetro/area corretto (CPAR) [m/m]	80
2.5.3.1. Definizione	80
2.5.4. Indice di compattezza (K)	81
2.5.4.1. Definizione	81
2.6. L'ordinamento per direttrici geografiche delle informazioni spaziali	82
<b>3. La rappresentazione di indicatori complessi provenienti da basi geografiche (G.Graci, P.Pileri, M.Sedazzari)</b>	
3.1. Generalità	85
3.2. Coefficienti e indici applicati ad aree buffer (variazione del coefficiente di copertura in diversi buffer)	85
3.2.1. Definizione	85
3.2.2. Procedura GIS	86
3.3. Coefficienti e indici che necessitano di un pretrattamento geografico (sezionamento): indice tipo vegetazione riparia	88
3.3.1. Definizione	88
3.3.2. Procedura GIS	89
<b>4. Elaborazioni spaziali con dati raster – Determinazione della vocazione vitivinicola del territorio (D.La Rosa)</b>	
4.1. Procedura	95
<b>PARTE TERZA</b>	
<b>Strumenti e procedure</b>	
<b>1. Utilizzo dell'interfaccia (M.Sedazzari)</b>	
1.1. Generalità	109
1.2. Introduzione all'interfaccia di ArcMap	109
1.3. Organizzazione dei dati all'interno dell'interfaccia	113
1.4. Gestire i dati all'interno del progetto	118
1.5. Iniziare a lavorare con ArcMap	120
1.5.1. Salvare il primo progetto	121
1.5.2. Alcune funzionalità	122
1.6. La ricerca delle informazioni	123
1.6.1. La selezione	124
1.7. Menu contestuali	126
<b>2. Utilizzo di ArcCatalog per la gestione dei dati geografici (M.Sedazzari)</b>	
2.1. Generalità	131
2.2. Gestione dello spazio di lavoro	137
2.2.1. Gli strumenti di ArcGIS: ArcToolbox	138
2.3. Introduzione al modello dati geodatabase	138
2.3.1. Creare nuovi dati con ArcCatalog	140
2.4. Creare un geodatabase	140
2.4.1. Importare dataset esistenti in un geodatabase	141
2.5. Creare nuove feature class	146
2.6. Domini	149
<b>3. Uso della simbologia per la rappresentazione dei dati geografici (G.Graci)</b>	
3.1. Rappresentazioni	153
3.1.1. Rappresentazione per feature	154
3.1.2. Rappresentazione per categorie	155
3.1.3. Rappresentazione per quantità	158
3.1.4. Rappresentazioni che fanno uso di grafici	162
3.1.5. Rappresentazioni per attributi multipli	166

<b>4. Metodi per la classificazione dei dati (G.Graci)</b>	
4.1. Generalità	169
4.2. Metodi di classificazione	169
<b>5. Lavorare con le tabelle (D.La Rosa, G.Graci)</b>	
5.1. Formati, struttura e comandi delle tabelle	179
5.2. Struttura delle tabelle	180
5.3. Riassumere i dati sulle tabelle	184
5.4. Modifiche delle tabelle	186
5.5. Collegamenti tra tabelle: JOIN e RELATE	192
5.5.1. Il comando JOIN	192
5.5.2. Il comando RELATE	195
<b>6. Strumenti di interrogazione e selezione delle informazioni (D.La Rosa)</b>	
6.1. Generalità	199
6.2. Selezione interattiva	199
6.3. Selezione per attributi (select by attributes)	201
6.4. Selezione per posizione (select by location)	204
6.5. Selezione attraverso elementi grafici (select by graphics)	209
<b>7. Georeferenziazione (D.La Rosa)</b>	
7.1. Generalità	211
7.2. Georeferenziazione di una immagine	211
7.3. La toolbar georeferencing	213
7.4. La correzione spaziale di layer vettoriali	215
7.4.1. Correzione spaziale di layer vettoriali con lo spatial adjustment	215
<b>8. Principali strumenti di GEOPROCESSING (G.Graci)</b>	
8.1. Generalità	219
8.2. Creazione di aree buffer	220
8.3. Operazioni di overlay	221
8.4. Spatial join	229
<b>9. Creazione e modifica di feature class (M.Sedazzari)</b>	
9.1. Generalità	231
9.2. Creazione di nuove feature class in ArcCatalog	231
9.3. Modifica delle feature class in ArcMap	231
9.4. La toolbar editor	233
<b>10. Analisi raster con l'estensione SPATIAL ANALYST (D.La Rosa, G.Graci)</b>	
10.1. Generalità	241
10.2. Il formato grid	242
10.3. Le principali funzionalità dello SPATIAL ANALYST	245
10.3.1. Funzioni di calcolo	245
GLOSSARIO	263
BIBLIOGRAFIA	267

## **PARTE PRIMA**

# **Introduzione ai sistemi informativi geografici**

# 1. INTRODUZIONE AI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI<sup>1</sup>

## 1.1. GENERALITÀ

La rappresentazione del territorio negli ultimi decenni ha beneficiato dei notevoli progressi delle scienze della terra, della geografia, dell'informatica, avvalendosi dei contributi dovuti alla maggiore disponibilità delle fonti di informazione – fotografie aeree, immagini satellitari e dati telerilevati in generale – permettendo di cogliere e gestire sempre meglio la complessità dei fenomeni sottoposti ad osservazione e rappresentazione.

Parallelamente, la restituzione cartografica ha potuto godere dei benefici dello sviluppo delle tecnologie informatiche ed elettroniche, sia in termini di modalità di realizzazione (sviluppo della tecnologia digitale, ad esempio nel settore del *computer aided design* – CAD) sia di capacità di gestione e modellazione dei fenomeni osservati.

La complessità della realtà e delle problematiche connesse all'utilizzo del territorio impongono una conoscenza maggiore dei fattori che ne condizionano lo sviluppo, indirizzando oggi la cartografia oltre la semplice rappresentazione di luoghi, oggetti e fenomeni.

Con queste premesse nascono i sistemi informativi geografici – ma più in generale nasce una scienza dell'informazione geografica – come specializzazione dei sistemi informativi, in cui oltre che dagli aspetti di organizzazione e gestione dell'informazione, il ruolo principale è rivestito dalla componente spaziale, che consente la rappresentazione degli elementi territoriali, delle informazioni ad essi associate e la loro spazializzazione.

La nascita dei sistemi informativi geografici è riconducibile ai primi esperimenti di cartografia con l'ausilio dei calcolatori elettronici negli anni Sessanta, ma più spesso viene fatta risalire alle prime ricerche americane<sup>2</sup> negli anni Settanta. Da lì a un decennio si sarebbe assistito alla nascita dei primi software – Arc/Info e GRASS risalgono all'inizio degli anni Ottanta – e al loro avvento sulle prime workstation.

I GIS sono spesso definiti come strumenti software che permettono l'acquisizione,

<sup>1</sup> Questo capitolo è stato curato da G. Graci e M. Sedazzari per la parte introduttiva ai sistemi informativi geografici e da F. Manfredini per la parte relativa ai dati di base per le analisi territoriali.

<sup>2</sup> Il modello MIMO di W. Tobler risale al 1959 e a questo esperimento si ispirano i primi GIS, a partire dal canadese CGIS del 1963. ESRI è stata fondata nel 1969 e ha rilasciato la prima versione di Arc/Info nel 1982; nello stesso periodo l'esercito USA creò GRASS, diventato open source nel 1997.

l'elaborazione, l'analisi, la memorizzazione e la rappresentazione delle informazioni territoriali georeferenziate (Burrough, 1986; Chorley, 1987).

Esistono in letteratura numerose definizioni di sistema informativo geografico; tuttavia si ritiene opportuno aggiungere che un GIS è un sistema di hardware, software e procedure che permette di creare, gestire, elaborare, analizzare e rappresentare geodati<sup>3</sup> per la soluzione di problemi complessi che riguardano la pianificazione e la gestione delle risorse e del territorio.

Infatti, sebbene la componente software sia quella più evidente, un GIS non può essere considerato o ridotto a una applicazione e all'insieme delle sue funzionalità: si tratta piuttosto di un sistema per mezzo del quale, a partire dall'individuazione di esigenze e obiettivi, sia possibile realizzare sistemi di conoscenza e di supporto alle decisioni in cui la componente geografica sia esplicita.

In realtà gli scopi dei GIS non possono essere limitati alla sola conoscenza e rappresentazione del territorio attraverso specifiche chiavi di lettura (quindi come semplici strumenti informatici finalizzati alla rappresentazione cartografica e tematica), ma devono essere rivolti alla costruzione di modelli interpretativi di problematiche reali e alla conseguente elaborazione e produzione di nuova informazione, divenendo fondamentali nei processi di supporto alle decisioni prima richiamati.

I campi di applicazione sono numerosi, così come i settori tecnico-scientifici e le discipline che traggono vantaggio dall'utilizzo di questi sistemi, non ultime la pianificazione territoriale e urbanistica, il monitoraggio e la gestione delle risorse naturali, la valutazione ambientale.

## 1.2. L'ORGANIZZAZIONE DELL'INFORMAZIONE NEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

Caratteristica fondamentale dei sistemi informativi geografici è la possibilità di memorizzare e gestire le caratteristiche di elementi territoriali spazialmente riferiti grazie alle loro coordinate geografiche. I geodati si compongono di due categorie di oggetti: gli elementi grafici e le informazioni descrittive ad essi associati, che li qualificano e ne quantificano determinate caratteristiche (attributi).

I primi sono rappresentati attraverso elementi geometrici rappresentati secondo due principali formati di dati:

- il formato vettoriale, organizzato secondo punti, linee e poligoni;
- il formato raster, organizzato per celle elementari di informazione in una tassellazione regolare del territorio.

Per quanto riguarda la componente alfanumerica, le informazioni sono organizzate in tabelle di attributi memorizzate su file o all'interno di database.

I GIS gestiscono la corrispondenza tra gli attributi degli elementi e le geometrie che li rappresentano e permettono di utilizzare le relazioni spaziali tra i diversi elementi.

<sup>3</sup> Da qui in avanti il termine *geodati* sarà utilizzato come sinonimo di informazioni geografiche e territoriali spazialmente riferite (georeferenziate).

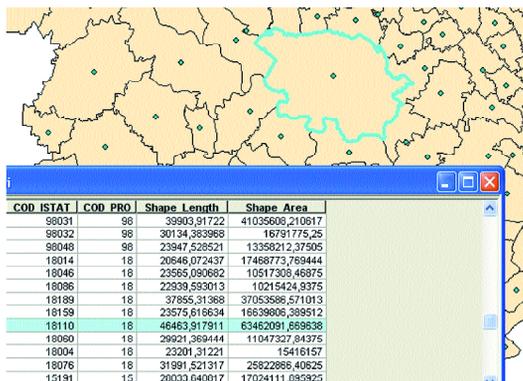


Figura 1.1  
Corrispondenza tra gli elementi sulla cartografia e i record associati sulla tabella di attributi

L'elaborazione dei dati avviene sfruttando ciascuna delle due componenti: quella geografica e quella descrittiva.

### 1.3. L'ELABORAZIONE DELL'INFORMAZIONE NEI SISTEMI INFORMATIVI GEOGRAFICI

L'utilizzo di un GIS coinvolge aspetti legati alla cartografia (sistemi di coordinate, trasformazioni, acquisizione dei dati, precisione), aspetti informatici (formati, procedure, strutture dati) e conoscenze specialistiche relative al settore di applicazione.

Un primo livello di elaborazione prevede la realizzazione di cartografia tematica, generalmente finalizzata alla produzione di elaborati di stampa; ciò comporta una tematizzazione – l'attribuzione di simbologie funzionali alla rappresentazione delle geometrie – degli elementi in funzione delle loro caratteristiche, esplicitate attraverso gli attributi che le descrivono, quindi dei valori contenuti all'interno dei campi nelle tabelle.

La rappresentazione e l'elaborazione delle informazioni sono condizionate dalla sovrapposizione dei diversi strati informativi; l'utilizzo di un ordine di visualizzazione per i diversi layer che costituiscono una mappa permette una rappresentazione più ricca di significati; inoltre, la sovrapposizione logica degli stessi strati informativi

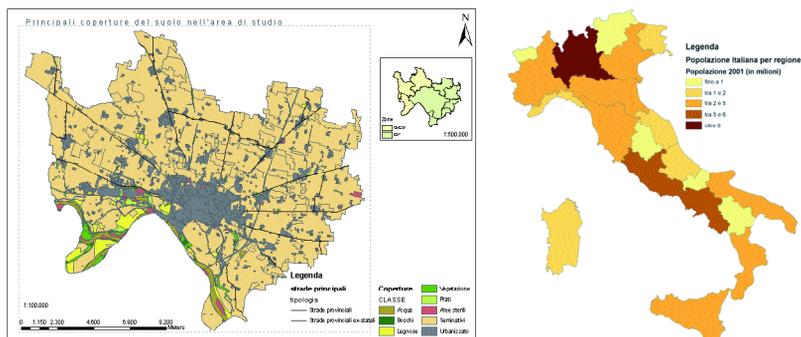


Figura 1.2  
Esempi di cartografia tematica

(overlay) permette di derivare nuovi dataset che presentano – almeno in parte – le caratteristiche dei dati di partenza.

La produzione di cartografia tematica è però un momento organizzativo finale dell'insieme delle informazioni che sono state utilizzate e quindi rappresentate alla fine di un processo di analisi. Tale processo riveste piuttosto un ruolo centrale nell'utilizzo di un GIS: la lettura del dato geografico, la sua interpretazione, elaborazione e rappresentazione sono infatti le fasi fondamentali attraverso cui si sviluppa l'approccio analitico alla base di molte applicazioni.

Da un punto di vista strumentale sono proprio le funzioni messe a disposizione dagli strumenti software per svolgere attività di elaborazione più complesse – ad esempio le funzioni di *geoprocessing* e di interpolazione – che svolgono un ruolo fondamentale nei GIS.

Un secondo livello di analisi è dunque quello che prevede l'utilizzo di funzioni che derivino cartografia e dati attraverso elaborazione numerica, statistica e/o spaziale a partire dai dataset disponibili.

Infine un terzo livello – anche in termini di complessità – è quello in cui gli obiettivi dell'analisi debbano essere conseguiti attraverso lo sviluppo di funzioni o modelli specifici da parte dell'utente.

#### **1.4. LE TIPOLOGIE DI DATI GEOGRAFICI: I MODELLI VETTORIALI E RASTER**

I due formati di dati citati in precedenza – vettoriale e raster – sono utilizzati anche da numerose tipologie software, generalmente di grafica e disegno tecnico.

In un GIS la localizzazione delle entità geometriche (feature) su dataset vettoriali avviene mediante la memorizzazione delle caratteristiche matematiche che li definiscono. Queste informazioni, insieme alle coordinate dei vertici e alle procedure di calcolo geometrico, permettono di determinare matematicamente posizione e dimensione delle feature a qualsiasi scala di rappresentazione, così come alcune caratteristiche geometriche (ad esempio area, perimetro, lunghezza, baricentro). Poiché linee e superfici vengono generate dinamicamente in funzione delle caratteristiche geometriche, gli elementi vettoriali non presentano le limitazioni discusse qui di seguito a proposito dei dataset raster.

Il ridotto insieme di informazioni che è necessario memorizzare nei formati vettoriali li rende molto vantaggiosi dal punto di vista di occupazione di spazio disco.

Inoltre le geometrie vettoriali risultano facilmente modificabili, essendo sufficiente correggere soltanto alcuni vertici.

Nel formato raster le informazioni vengono invece organizzate in matrici regolari di celle, che costituiscono la più piccola unità per la quale l'informazione sia distinguibile. La cella, quindi, definisce il dettaglio della discretizzazione spaziale, a cui possono essere associate le informazioni da memorizzare. La dimensione su disco di un dataset raster dipende, oltre che dal formato utilizzato<sup>4</sup>, dalla dimensione della cella:

<sup>4</sup> È opportuno ricordare che alcuni formati di memorizzazione raster sono implicitamente compressi, pertanto la compressione avviene contestualmente alla memorizzazione del file.

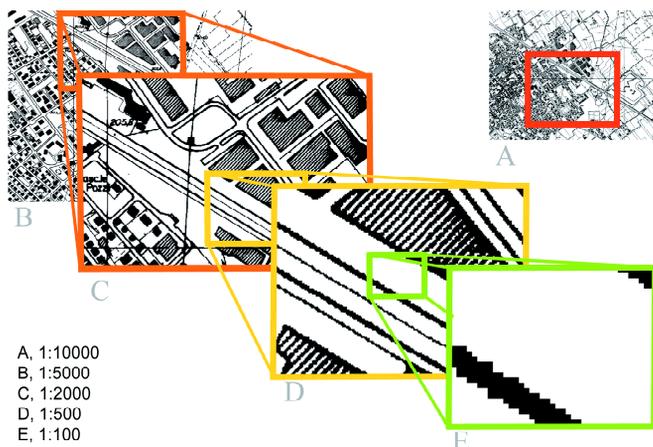


Figura 1.3  
 Il formato raster a diverse scale di visualizzazione. Un ingrandimento eccessivo rende evidenti i limiti di risoluzione dell'immagine, mostrando i singoli pixel che formano l'immagine

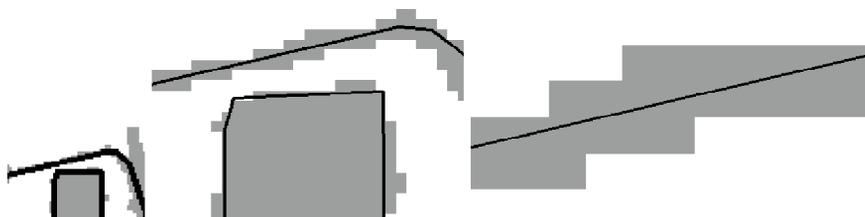


Figura 1.4  
 I formati vettoriale (in nero) e raster (in grigio) a confronto per la rappresentazione dei medesimi elementi geometrici

tale parametro è noto come *risoluzione*. Minore è la dimensione della cella, più alto è il numero di celle necessario per rappresentare la stessa immagine e conseguentemente più elevata è la capacità di dettaglio dell'immagine; infine maggiore è il numero di celle, maggiore sarà la dimensione del dataset su disco.

In un sistema informativo geografico l'utilizzo di dati raster ha due principali applicazioni:

- la rappresentazione, per la quale le immagini raster vengono impiegate come sfondo cartografico;

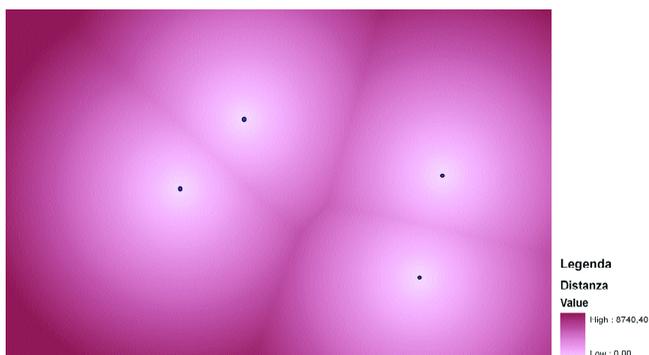
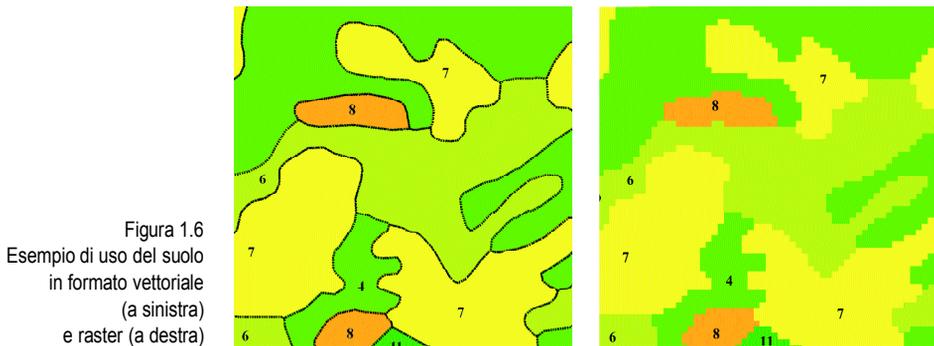


Figura 1.5  
 Una mappa raster delle distanze rispetto a un insieme di elementi puntuali. Ogni cella contiene il valore della distanza dal punto più vicino



- l'analisi e la modellazione di fenomeni che variano in modo continuo nello spazio, per i quali non è possibile o non è conveniente utilizzare formati vettoriali di dati. Alle celle che compongono l'immagine sono così associati i valori rappresentativi di distanze, quote, concentrazioni, pendenze, ecc.

I dati raster possono essere acquisiti mediante apparecchiature a lettura ottica (ad esempio, scanner di immagini), elaborazione di dati digitali (ad esempio, conversione) o anche attraverso *remote sensing* (telerilevamento).

Un esempio di dataset raster sono i modelli digitali del terreno (DTM), superfici in cui a ogni cella è associato il valore della quota in quel punto (vedere capitolo 3, parte prima, “Cenni sulla rappresentazione digitale della morfologia del territorio: DEM e TIN”).

### 1.5. L'ORIGINE DEI FORMATI VETTORIALI: IL CAD

I sistemi *computer aided design* (CAD) sono i stati i primi software a utilizzare in maniera diffusa i formati vettoriali. Si può anzi dire che proprio tali software hanno avuto il merito di diffondere in moltissime realtà applicative scientifiche e professionali tali formati, comprendendo in generale tecnologie nel campo della grafica computerizzata per attività progettuali finalizzate alla realizzazione di modelli 2D o 3D. Sono sistemi diffusi in contesti applicativi anche profondamente differenti tra loro (progettazione architettonica, cartografia digitale, progettazione meccanica) in cui le funzioni disponibili non sono specializzate in base al campo di applicazione. I sistemi CAD offrono un insieme di funzioni per il disegno di elementi, che partono dalla realizzazione di geometrie elementari quali punti, segmenti, archi, circonferenze, ecc., fino alla costruzione di geometrie di livello più complesse come poligoni cioè elementi lineari composti da linee e/o da archi. A queste entità che vengono memorizzate è possibile associare alcune semplici e basilari informazioni relative alle caratteristiche grafiche (tipo di linea, spessore, colore, ecc.). Negli ultimi anni sono andate specializzandosi tecnologie “verticali”, orientate verso settori professionali e/o scientifici, in cui le funzioni sono legate alle specificità del particolare contesto settoriale.

Le più importanti caratteristiche dei sistemi CAD fanno riferimento da un lato all'ele-

vata precisione raggiungibile dai disegni tecnici che possono essere realizzati, dall'altro all'ampia gamma di funzioni di modifica (editing) dei disegni stessi. In generale, i sistemi CAD permettono di realizzare una strutturazione differente delle informazioni rispetto ai software GIS: il disegno è strutturato per layer, in cui gli elementi grafici vengono organizzati ai soli fini della rappresentazione, senza alcun vincolo rispetto alle geometrie contenute. Ad esempio il disegno e la rappresentazione di una planimetria di un fabbricato verranno, probabilmente, organizzati suddividendo gli oggetti in layer per contenere la descrizione di muri portanti, muri divisorii, impiantistica elettrica, arredo, ecc. All'interno dello stesso layer saranno contenute contemporaneamente geometrie semplici (linee, archi, ecc.) e complesse (polilinee, blocchi, ecc.). La strutturazione dell'informazione è finalizzata a ottimizzare la gestione della visualizzazione di gruppi di oggetti. Dal punto di vista operativo si tratta di lavorare con una serie di strati che possono essere sovrapposti in funzione della rappresentazione ricercata (progetto esecutivo, studio di massima, impianti tecnologici, ecc.).

## **1.6. L'EVOLUZIONE DEI FORMATI VETTORIALI: IL MODELLO DI DATI GIS**

Grazie all'innovazione informatica di questi anni, che ha comportato cambiamenti innovativi nella gestione e produzione dell'informazione cartografica, i sistemi informativi geografici hanno guadagnato un ruolo di primo piano tra gli strumenti per la gestione delle tematiche ambientali e territoriali. Si assiste, con il loro sviluppo, a radicali modifiche nell'organizzazione dell'informazione geografica rispetto all'ambiente CAD: nei sistemi GIS la componente geometrica degli oggetti rappresentati non è più l'unica, né la più importante, ma è sempre accompagnata da una serie di informazioni (attributi) che la corredano. Si passa così da un modello di dati volto alla rappresentazione della realtà in cui l'obiettivo degli utenti CAD era quello di disegnare una planimetria, un prospetto, uno schema elettrico, e così via, a un modello volto all'interpretazione della realtà, in cui le informazioni associate alle geometrie rappresentate acquisiscono un ruolo fondamentale. I GIS non solo utilizzano l'informazione geografica per produrre una rappresentazione (ad esempio, cartografia), ma grazie agli attributi ad essa associati sono in grado di derivare ulteriori informazioni (sia geografiche che alfanumeriche) a supporto di decisioni che hanno una ricaduta territoriale.

Altre modifiche sono state operate rispetto al modello CAD: in primo luogo, l'integrazione del disegno digitale con informazioni descrittive strutturate (che permettono ad esempio la ricerca di elementi in funzione delle informazioni loro associate), formalizzata all'interno di *database management system* (DBMS); in secondo luogo sono state sviluppate tecniche che permettono di memorizzare informazioni relative alle condizioni di posizione reciproca degli elementi (tra le quali ad esempio connettività, congruenza e adiacenza) – e più in generale la struttura topologica di un dataset – in modo da effettuare operazioni sulla geometria degli elementi (ad esempio, la ricerca in funzione della posizione geografica).