



antica, al Medioevo, all'introduzione di criteri "scientifici" nell'arte del costruire carte, fino ai nostri giorni. In effetti, ormai le carte hanno perso quella connotazione "artistica" che avevano ai tempi di Mercatore, nel XVI secolo, e anche in epoche più recenti.

Nel corso dei secoli le innovazioni tecnologiche sono sempre state prontamente utilizzate dai cartografi: il modo di raccogliere e selezionare dati, di progettare le carte, di produrle e poi riprodurle hanno sempre fortemente riflettuto le conquiste tecnologiche dell'epoca, quindi in generale ogni generazione di cartografi ha avuto a disposizione strumenti, macchine e materiali migliori di quella precedente. Ciò ha avuto un forte impatto sulla facilità e velocità di produzione e sui costi della cartografia, ma soprattutto sulle sue possibilità e sul suo campo di azione.

Ovviamente, non sono mai cambiati i principi di base della cartografia; si è invece modificato il modo in cui questi principi sono stati applicati, per avvantaggiarsi appunto delle nuove tecnologie.

Ciò che succede attualmente è che il cartografo ha a disposizione una scelta fra le procedure che può seguire, nell'ambito delle tecnologie sviluppate sinora: vi sono cioè diversi modi di raggiungere lo stesso risultato e quindi si può scegliere quello di volta in volta più adatto allo scopo. L'approccio che si adotta e quindi le tecnologie che si utilizzano per realizzare un determinato progetto cartografico devono comunque tenere conto in modo equilibrato dei seguenti fattori:

- tempo disponibile;
- costi (in termini di lavoro, attrezzature, materiali);
- tipo e qualità della carta richiesta.

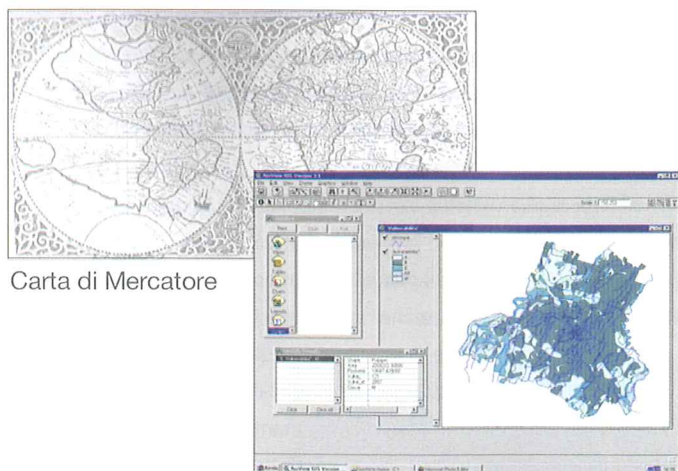
## LE CARTE NELL'ERA DELL'INFORMATION TECHNOLOGY

La più grande rivoluzione tecnologica che si è presentata ai cartografi si è verificata quando la cartografia ha iniziato a servirsi dell'elettronica, all'inizio degli anni 50 del secolo scorso. E' a questo punto che sono entrati in gioco i file di dati in formato digitale, dove le informazioni sono codificate in un sistema binario: ciò significa che la classica "carta" non può più essere pensata come il prodotto finale o unico del processo cartografico. Si deve dunque parlare di cartografia dell'era dell'informazione. Nella moderna società in cui viviamo assistiamo a una continua richiesta di carte e si vuole che siano sempre più aggiornate, accurate, complete, capaci non solo di rappresentare la realtà, ma anche di rappresentarla nel modo migliore possibile dal punto di vista grafico.

In effetti, uno dei mezzi più potenti al fine di classificare e gestire le risorse del nostro pianeta è l'informazione. Le vecchie tecnologie non sono adeguate alle necessità attuali: occorre accedere a vaste quantità di dati di diversa origine, occorre poter svolgere ricerche nell'ambito di questo materiale e individuare gli oggetti richiesti, in tempi molto brevi. A queste esigenze vengono incontro i sistemi informativi, che impiegano la tecnologia elettronica ed informatica per fornire in maniera integrata la possibilità di archiviare, ricercare, manipolare, analizzare e presentare dati. In realtà, la cartografia in formato digitale si presenta come l'insieme di due distinti prodotti, i quali insieme soddisfano le funzioni della cartografia tradizionale:

- la base di dati in formato digitale, che sostituisce la carta "stampata" (formato analogico) e rappresenta il modo per archiviare l'informazione geografica;
- la visualizzazione cartografica, che ora non è più rappresentata in modo univoco, ma può essere realizzata in modi molteplici e differenti e su diversi supporti.

Facciamo un semplice esempio. Anche la visualizzazione prospettica di un territorio tramite un modello digitale del terreno può essere considerata una carta: è una carta "moderna", molto efficace per la comunicazione di una serie di informazioni, e la sua caratteristica è che non è l'unica visualizzazione che possiamo produrre avendo a disposizione un modello digitale del terreno. Potremmo preferire altri elaborati, più significativi per la nostra specifica applicazione, ma il grande vantaggio è che possiamo "scegliere" cioè elaborare i dati nel modo preferito. Possiamo in ultima analisi optare anche per una visione più "tradizionale" dell'andamento altimetrico del terreno, e scegliere di utilizzare il DTM per produrre una classica carta a curve di livello o magari preferiamo ottenere entrambi i prodotti.



Carta di Mercatore

Schermata ArcView

**FIGURA 2** Dalle definizioni delle prime carte al GIS.

«Una carta geografica non è altro che una figura piana, che rappresenta la superficie della Terra o una sua porzione»  
(Lagrange 1736-1813)

## COSA CONTRADDISTINGUE UNA CARTA

All'inizio dell'articolo abbiamo dato una definizione generale di "carta": in poche righe abbiamo introdotto un certo numero di concetti, piuttosto semplici a prima vista, ma che in realtà meritano di essere esaminati con attenzione, anche per le loro implicazioni. Vediamo questi concetti con ordine.

### Le carte sono rappresentazioni della superficie terrestre o di una sua porzione,

nel senso che forniscono una descrizione (analitica o grafica) di dati di tipo spaziale e tematico:

- posizioni di punti in uno spazio a due dimensioni ( $x, y$ ) oppure  $(E, N)$  oppure  $(\varphi, \lambda)$ ;
- attributi, sia di tipo qualitativo che quantitativo.

Se l'enfasi è posta sulla precisione geometrica (cioè precisione nella definizione della posizione dei punti rispetto al riferimento cartografico prescelto) si hanno carte di tipo generale, le quali:

- forniscono informazioni di tipo metrico e descrittivo della superficie fisica della terra;
- mostrano la posizione di molti tipi di configurazioni geografiche (corsi d'acqua, linee di costa, strade, ecc.).

Carte di questo tipo sono le carte prodotte dall'Istituto Geografico Militare (IGM) oppure le Carte Tecniche Regionali. Se invece viene data particolare importanza all'accuratezza delle informazioni tematiche rappresentate, si hanno carte di tipo tematico. Le loro caratteristiche sono le seguenti:

- sono carte per usi speciali e rappresentano la distribuzione geografica di uno o più fenomeni di interesse;
- le informazioni sono solitamente sovrainpresse su un supporto rappresentato dalle carte generali.

Esempi di informazioni che è possibile riportare su carte tematiche sono i seguenti:

- risorse minerarie,
- attività economiche,
- densità delle abitazioni,
- uso del suolo,

ma le possibilità sono virtualmente infinite.

Nelle carte tematiche solitamente assume notevole importanza la simbologia scelta per rappresentare le varie entità e i fenomeni di interesse e di conseguenza è fondamentale che sia la simbologia adottata che la relativa legenda siano particolarmente chiare e leggibili.

### Le carte sono riduzioni in scala.

E' opportuno chiarire bene questo concetto.

Per realizzare una carta, la prima operazione da eseguire consiste nel "mappare" la superficie terrestre su una superficie di riferimento, cioè una superficie con le seguenti caratteristiche:

- deve approssimare bene la superficie terrestre;
- deve avere una rappresentazione matematica "semplice";
- deve essere possibile stabilire una corrispondenza biunivoca fra i punti della superficie terrestre e quelli della superficie di riferimento;
- deve essere possibile istituire una geometria per i calcoli geodetici sulla superficie di riferimento.

E' proprio alla superficie di riferimento che viene applicato il rapporto di riduzione in scala: in altre parole, tale superficie viene ridotta a dimensioni compatibili con la carta da realizzare.

Si definisce rapporto di scala il rapporto fra la lunghezza di un segmento sulla superficie di riferimento e il corrispondente segmento nella realtà.

Il concetto di scala è fondamentale in cartografia: esso fornisce un limite alle informazioni che la carta può contenere e quindi si pone in relazione con il concetto di generalizzazione, il cui significato è il seguente: le informazioni e la loro simbolizzazione sono selezionate e modificate in modo da adattarsi alla scala della carta.

E' evidente che cartografie a scale diverse della medesima area presentano generalmente una notevole differenza, sia per quanto riguarda la numerosità dei particolari visibili, sia per quanto riguarda la loro rappresentazione simbolica.

### Le carte sono proiezioni,

nel senso che la loro costruzione richiede una trasformazione geometrica (che viene talvolta impropriamente definita "proiezione"), la quale più correttamente deve essere definita per via analitica, sotto forma di equazioni che esprimono il legame fra le coordinate "geografiche" dei punti (definite sulla superficie di riferimento) e le corrispondenti coordinate cartografiche. Ciò comporta che siano opportunamente definiti:

- sistemi di coordinate,
- sistemi di riferimento.

Si devono tenere presenti i due punti seguenti:

- per effetto della "proiezione" della superficie di riferimento sul piano della carta, cioè di un oggetto tridimensionale su un riferimento bidimensionale, si creano distorsioni di vario tipo, che non possono mai essere completamente eliminate; ciò significa che non esiste la carta "perfetta" o "ideale", dato che qualsiasi rappresentazione cartografica comporta deformazioni;
- il rapporto di scala non è costante su tutta la superficie della carta, ma vale in maniera "esatta" solo in particolari punti o lungo particolari linee: si tratta della scala nominale della carta, che è la scala "di riferimento" per quella cartografia.

**Le carte sono astrazioni della realtà;**

una carta rappresenta infatti solo le informazioni necessarie al suo scopo (uso); tali informazioni vanno classificate e semplificate per renderle più comprensibili (si ricordi il concetto di generalizzazione) e inoltre vanno rappresentate per mezzo di opportuni simboli (segni convenzionali). I simboli hanno le seguenti caratteristiche:

- rappresentano gli elementi del territorio e le distribuzioni dei fenomeni di interesse;
- possono avere un significato qualitativo oppure quantitativo;
- devono essere ben distinguibili fra loro ed efficaci dal punto di vista della comunicazione grafica.

E' immediato rendersi conto del fatto che tutti i concetti passati in rassegna sono strettamente connessi uno all'altro e devono essere presi in considerazione nel loro insieme quando si deve valutare la scelta di una cartografia rispetto ad un'altra o quando si devono valutare le caratteristiche di una particolare carta per decidere se essa è adatta ai propri scopi professionali o di studio.

Il fatto interessante è che, mentre si è evoluta la cartografia, così si è evoluta anche la definizione delle sue caratteristiche fondamentali, che ritroviamo nella cartografia numerica e nei GIS, anche se apparentemente mutati, ma con analogo significato.

**FIGURA 3** Alcune caratteristiche delle carte di base.

- Forniscono informazioni di tipo metrico e descrittivo della superficie fisica della terra.
- Mostrano la posizione di molti tipi di configurazioni geografiche (corsi d'acqua, linee di costa, strade, ecc.)



Stralcio di foglio IGMI  
scala 1:50 000

**GIS E CARTOGRAFIA NUMERICA**

I GIS sono strutture di tipo informatico efficaci ai fini di:

- organizzare,
- archiviare,
- analizzare,
- rappresentare

l'informazione geografica, cioè l'informazione relativa a fenomeni spazialmente referenziati e interconnessi (città, strade, aree amministrative, boschi, colture, ecc.).

Si noti che, accanto alla produzione della cartografia (la "rappresentazione" dei dati cartografici), i GIS sono in grado di svolgere molte più funzioni, tutte possibili in quanto l'informazione cartografica è archiviata in formato digitale e gestita da apposito software.

In un GIS, le strutture fisiche e le loro posizioni sono definite da dati geometrici (punti, linee, aree, superfici, volumi), associati a classificazioni e attributi (valori).

Si noti a questo proposito l'analogia con quanto visto sopra per le carte di tipo "tradizionale", che contengono sia dati geometrici che dati tematici.

I GIS devono essere organizzati (solitamente in maniera piuttosto complessa) in modo tale che:

- l'informazione contenuta nel sistema possa essere di utilità;
- l'accesso all'informazione nel sistema sia gestito e regolato;
- sia garantito un continuo supporto del sistema e il mantenimento della base informativa e dell'hardware.

Il vantaggio dato dall'avere a disposizione un archivio di dati così organizzato è dato dalla varietà di prodotti e funzioni offerti da un GIS.

**La cartografia:**

è spesso la funzione più interessante o sfruttata dagli utenti.

In questo caso, il GIS è visto come un sistema per il processamento di dati spazialmente referenziati e per la visualizzazione e produzione di cartografia.

**La base di dati:**

si tratta di un sistema di archiviazione "intelligente", che permette la gestione di grandi e complesse quantità di dati in vista di obiettivi prestabiliti e il loro recupero ed elaborazione mediante interrogazione da parte dell'utente. E' a partire dalla base di dati del GIS che è possibile costruire tutti i prodotti richiesti dall'utente, quindi non solo carte, ma anche grafici, diagrammi, tabelle di sintesi delle informazioni archiviate, rapporti tecnici. Viste le cose da questa prospettiva, è evidentemente di fondamentale importanza che la base di dati utilizzata per una particolare applicazione



**Cosa serve effettivamente: una carta generale o una tematica?**

In altre parole, è prevalente la necessità di una visione d'insieme del territorio d'interesse, senza che sia data nessuna enfasi particolare ad alcun fenomeno, o si è interessati alla distribuzione geografica e alle interazioni fra particolari fenomeni o strutture spaziali? Nel primo caso, evidentemente, si è interessati in particolare all'accuratezza della georeferenziazione, ma anche nel secondo caso occorre fare attenzione al fatto che la base cartografica sottostante alle informazioni tematiche sia adeguata.

**Che scala di rappresentazione è opportuna per i propri scopi, o detto in altro modo: che livello di dettaglio informativo è necessario?**

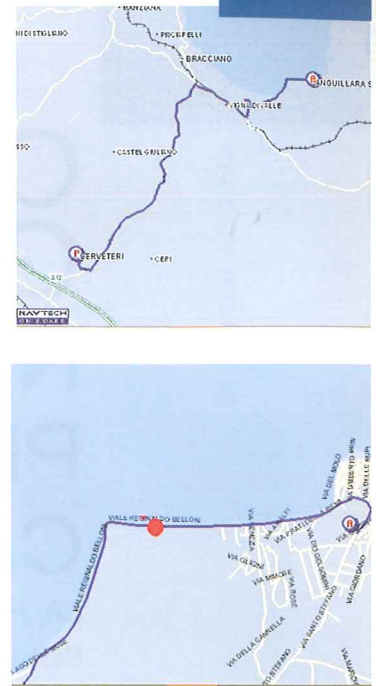
Abbiamo già illustrato il concetto fondamentale di scala cartografica. Su una carta la realtà viene rappresentata in maniera selettiva e con un certo grado di semplificazione: selezione e semplificazione dipendono dalla scala di rappresentazione. Non solo avviene che sulle carte a piccola scala molti degli oggetti e fenomeni di piccole dimensioni non possono essere rappresentati, ma anche nelle carte a grande scala vengono applicati criteri di selezione.

**Che tipo di deformazioni cartografiche sono accettabili?**

Occorre essere consapevoli del fatto che le diverse trasformazioni cartografiche comportano effetti differenti (e differenti deformazioni) sulla rappresentazione di angoli, distanze, superfici. Le caratteristiche della carta risultante da una particolare trasformazione devono essere congruenti con gli obiettivi in vista dei quali si intende utilizzare la carta.

Queste domande restano valide, anche quando la cartografia che si vuole acquisire sia in formato digitale. In questo caso si pongono altri problemi, quali quelli relativi ai formati dei dati o agli standard di trasferimento (problemi che meritano sicuramente un ulteriore approfondimento).

Comunque, ragionando sulle domande proposte e dando loro una risposta l'utente della cartografia chiarisce le proprie esigenze ed aspettative ed esprime già il suo orientamento verso un determinato tipo di carta o di base di dati digitali. ■



**FIGURA 6** Una rappresentazione cartografica sintetica tipica del web, estratta dal servizio mappe del portale Virgilio. Con i sistemi GIS orientati al web, oltre alle informazioni geografiche si ottengono anche informazioni sui percorsi.

**Bibliografia**

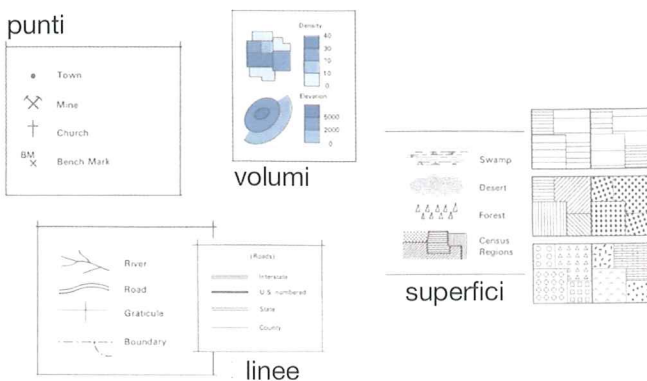
Jones C. Geographical Information Systems and Computer Cartography, Addison Wesley Longman, 1997.

Laurini R., D. Thompson Fundamentals of spatial information systems, Academic Press, 1992.

Migliaccio F. Cartografia Tematica e Automatica, Libreria CLUP, Milano, 2001.

Robinson A.H., J.L. Morrison, P.C. Muehrcke, A.J. Kimerling, S.C. Guptill Elements of cartography, J. Wiley and Sons, 1995.

**FIGURA 5** Una buona simbologia è alla base di una qualsiasi cartografia tradizionale. I simboli rappresentano elementi del territorio e distribuzioni di fenomeni; possono avere significato qualitativo e/o quantitativo; devono essere ben distinguibili fra loro ed efficaci.



Federica Migliaccio

Laureata in Ingegneria civile (Politecnico di Milano).

Dottore di ricerca in scienze geodetiche e topografiche, con una tesi sull'analisi di dati gradiometrici per la stima del campo anomalo della gravità.

Professore associato presso il Politecnico di Milano, docente di cartografia tematica e automatica e di fotogrammetria.

Membro del Collegio dei docenti del dottorato in geodesia e geomatica del Politecnico di Milano.

Ambito prevalente di ricerca: studi relativi alla missione gradiometrica europea «GOCE» per la determinazione ad alta risoluzione del campo della gravità terrestre (analisi dei dati con l'approccio «space-wise»).

Altri ambiti di ricerca: studio di problematiche connesse all'uso della tecnologia GIS.

Autrice di 60 pubblicazioni scientifiche, di cui oltre 30 a livello internazionale. ■