

**Paolo Mogorovich**

# **Sistemi Informativi Territoriali**

**Appunti dalle lezioni**

## **Cartografia, Cartografia Numerica e GIS**

**Cod.223 - Vers.E3F**

- 1 - Rapporti tra cartografia e GIS**
- 2 - Cartografia Numerica**
- 3 - Utilizzo della tecnologia GIS**

## 1 – Rapporti tra cartografia e GIS

Sia nel caso della cartografia che nel caso dei Sistemi Informativi Territoriali abbiamo un insieme di dati che qualcuno ha preparato e che qualcun'altro utilizza. Esaminiamo da questo punto di vista ulteriori analogie e diversità tra i due mondi.

<b>Cartografia</b>	<b>GIS</b>
I dati sono la carta, nel senso materiale del termine, su cui sono stati tracciati dei segni	I dati sono numeri e caratteri all'interno di un supporto informatico
Lo spazio geografico che la carta descrive è modellato secondo un criterio ben definito	Lo spazio geografico cui i dati fanno riferimento è modellato secondo un criterio ben definito
Gli oggetti sono modellati secondo criteri in genere definiti, consolidati e condivisi	Gli oggetti sono modellati secondo criteri vari, decisi dai singoli produttori
Gli oggetti sono rappresentati secondo una convenzione grafica in genere ben definita, consolidata e condivisa	In linea di principio, non c'è nessuna necessità di rappresentare gli oggetti.
La quantità di informazione presente sulla carta ha un limite dovuto allo spazio espressivo limitato della carta stessa	La quantità di informazione gestibile è praticamente illimitata
La carta ha sempre una sua precisa documentazione stampata a margine della carta stessa	I dati possono essere descritti dalla Metainformazione, ma in molti casi questo, purtroppo, non accade
I dati sono in genere preparati da soggetti istituzionali	I dati vengono preparati dai soggetti più svariati, spesso istituzionali, ma anche scientifici, commerciali, ecc., anche esteri
La distribuzione dei dati richiede l'invio di un supporto cartaceo	La distribuzione dei dati è immediata grazie alla Rete
I dati sono analizzabili direttamente dall'utilizzatore senza bisogno di alcuno strumento	I dati sono analizzabili dall'utilizzatore solo tramite l'utilizzo di un appropriato strumento
Gli utenti usano la carta per elaborare i dati, sostanzialmente mettendoli in relazione gli uni con gli altri	Gli utenti usano un SW per elaborare i dati presenti in un DataBase, sostanzialmente mettendoli in relazione gli uni con gli altri
Il risultato di un'elaborazione non è una nuova carta	Il risultato di un'elaborazione non è necessariamente una nuova carta, anche se spesso viene creata una mappa per comunicare un risultato o per un'ulteriore analisi visiva

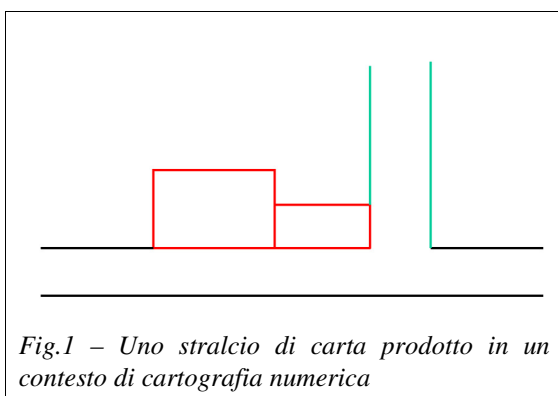
e inoltre

L'errore associato alla misura è implicito nell'utilizzo del segno grafico. Anche in caso di ingrandimento meccanico della carta, la presenza dell'errore è percepibile	L'errore associato alla misura non è gestito. L'ingrandimento (zoom al video) è uno strumento concettualmente errato e subdolo, e può portare a conclusioni errate
Le entità trattate sono concettualmente in due dimensioni; la terza dimensione viene espressa dalle curve di livello, ma non è facilmente quantificabile né percepibile su zone ampie	Le entità trattate sono prevalentemente modellate in due dimensioni; in molti SW è possibile dotare gli oggetti di informazioni di quota; esistono strumenti per simulare una visione parzialmente tridimensionale
La carta è una "fotografia interpretata" del territorio presa in un certo momento ben definito	L'evoluzione temporale di un oggetto è a livello di ricerca

## 2 – Cartografia numerica

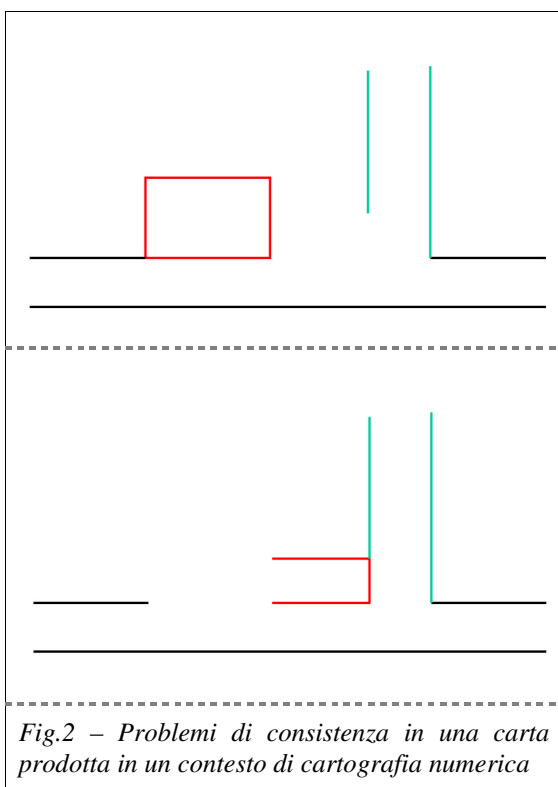
Per la produzione di cartografia disegnata si sono usati in passato strumenti meccanici di precisione (stereocartografi) pilotati da un operatore il quale, analizzando una coppia stereoscopica di foto aeree, comandava una penna che riproduceva su un foglio la “carta”. Successivamente questo apparecchio è stato modificato (fotorestitutore analitico) in modo che il risultato finale non fosse solo il movimento di una penna su un foglio, ma anche l'acquisizione numerica delle posizioni della penna, in pratica la trascrizione in coordinate numeriche dell'informazione. La memorizzazione delle coordinate numeriche costituisce così un archivio informatico di oggetti territoriali.

Questo processo risente naturalmente del modo di operare dell'operatore, il fotorestitutista, il quale, nell'acquisire i dati, ha nella mente il “disegno” che deve produrre. Questo approccio definisce la differenza fondamentale tra la cartografia numerica, orientata ad un disegno, e la tecnologia GIS, orientata all'elaborazione dei dati. Per chiarire meglio analizziamo (fig.1) un ipotetico stralcio di carta prodotto dalla cartografia numerica (in questa fase siamo brutali e ingenerosi nei confronti della cartografia numerica, ma enfatizziamo alcuni aspetti di questa per chiarire i concetti).



*Fig.1 – Uno stralcio di carta prodotto in un contesto di cartografia numerica*

In fig.1 vediamo una strada principale (tratti neri orizzontali), una strada secondaria (tratti verdi verticali) e due edifici (elementi rossi). Poiché il problema della cartografia numerica è il disegno, vengono acquisite solo le informazioni necessarie al disegno, per cui se togliamo dal disegno la casa d'angolo si perde la coerenza delle strade (fig.2 alto) o ancora peggio, togliendo l'altro edificio, il primo resta incompleto (fig.2 basso). Quanto si vede può apparire strano, ma è assolutamente coerente con l'obiettivo che è il disegno.



*Fig.2 – Problemi di consistenza in una carta prodotta in un contesto di cartografia numerica*

Nell'archivio numerico ogni elemento grafico ha associato un valore che indica il tipo di oggetto (strada, edificio); tale valore però non indica che l'elemento grafico è un oggetto, bensì che quell'elemento grafico descrive “in parte” un oggetto di quel tipo. Tornando all'esempio una linea verde avrà associato un attributo col valore “strada secondaria” il quale non vuol dire che quella linea rappresenta “una certa strada secondaria” (cioè un oggetto completo), bensì che quella linea descrive parzialmente una strada secondaria. Non esiste necessariamente un rapporto semantico tra un oggetto del mondo reale e una primitiva grafica, mentre esiste un attributo che indica a quale tipo di oggetto si riferisce il segno grafico. Non esiste quindi la primitiva grafica che descrive una specifica strada, ma una serie di segni che sono “elementi di strada”.

In genere non è identificabile una specifica strada, mentre è possibile disegnare tutti gli elementi di tutte le strade di un certo tipo e ciascun elemento grafico ha associati vari attributi che specificano come quell'elemento va disegnato (tipo di tratto, colore, spessore, ecc.).

Appare evidente che questo dato non è passibile di nessun tipo di trattamento che non sia il disegno; non sarà infatti possibile definire la lunghezza di una strada o la sua larghezza o ancora meno se una certa strada è adiacente ad un certo edificio semplicemente perchè la strada come oggetto non esiste.

I dati non sono divisi in classi diverse a seconda del tipo, come in un DataBase geografico, ma tutti (bordi



*Fig.3 – Uno stralcio di carta numerica, con una grande ricchezza grafica, ma dove si percepisce la mancanza di una strutturazione dell'informazione in oggetti semplici.*

di strada o di edifici, curve di livello, linee ferroviarie, limiti amministrativi, ecc.) sono accorpati in un unico archivio; vengono unicamente raggruppati in dati areali, lineari e puntuali. Abbiamo a che fare, nel caso della cartografia numerica, con entità grafiche, gestite da un elaboratore, che riproducono i segni presenti sulla carta, o “elementi grafici tipizzati”, al contrario di uno strumento GIS che gestisce “entità semanticamente consistenti”. In un archivio GIS, l'eliminazione di un oggetto lascia intatti tutti gli altri e l'archivio mantiene la sua consistenza; nel caso della cartografia numerica questo, come visto sopra, non avviene (fig.3).

Si usa dire che in cartografia numerica l'informazione è strutturata il “livelli”, ciascuno dei quali contiene segni che descrivono entità dello stesso tipo; i livelli dipendono dal tipo di carta e possono essere molto numerosi. La quantità di livelli non è dovuta tanto ad una ricchezza semantica della carta, quanto alla necessità di disegnare le entità grafiche in modo diverso. Ad esempio le curve di livello primarie e le secondarie appartengono a livelli diversi. La parola “livello” assume dunque due significati diversi: nel mondo GIS livello è una classe di oggetti omogenei semanticamente consistenti mentre per la cartografia numerica è un attributo che caratterizza un segno grafico per l'appartenenza ad una certa tipologia di oggetti.

L'utilizzo di dati provenienti dal mondo della cartografia numerica per applicazioni GIS richiede una ristrutturazione del dato che può essere molto pesante. Gli elementi grafici che descrivono un edificio, per esempio, vanno accorpati in un'unica entità “area” che descrive l'edificio stesso e tra le linee che nella cartografia numerica descrivono i bordi di una strada va “inventato”, in modo automatico se possibile, un nuovo elemento lineare che descrive l'asse stradale.

Per questo motivo oggi si tende a produrre cartografia numerica in modo da avere una facile conversione in un contesto GIS. La lettura dei capitolati di appalto di cartografia numerica è da questo punto di vista interessante; spesso si richiede, insieme agli elementi grafici che descrivono i bordi di una strada, un elemento grafico, marcato come invisibile in fase di disegno, che descrive l'asse stradale; gli edifici sono identificati da aree anche se contigui; agli edifici è associata una quota di gronda (calcolata ovviamente s.l.m.) e un'altra quota (sempre s.l.m.) alla base dell'edificio, col chiaro obbiettivo di associare in futuro all'entità edificio un'altezza e un volume; sempre agli edifici è associato il numero civico, e così via. Con questa strategia la cartografia numerica (a volte detta per chiari motivi “GIS oriented”) diventa una fondamentale fonte di dati per applicazioni GIS, in particolare alle medie scale.

Nella tabella 4 si riportano alcuni elementi caratterizzanti la cartografia disegnata, quella numerica e il mondo GIS. Come già detto, siamo in questo contesto ingenerosi nei confronti della cartografia numerica, per motivi di esposizione e ne vediamo gli aspetti più limitanti; da questo punto di vista la cartografia

numerica “GIS oriented” di cui abbiamo appena parlato occuperebbe un’ulteriore colonna con parametri intermedi tra quelli della cartografia numerica e quelli GIS.

	Cartografia disegnata	Cartografia numerica	GIS
Numero di strati informativi	Limitato dipende dalla scala	Illimitato	Illimitato
Numero di attributi	Minimo (1-3)	Illimitato come numero limitato ad aspetti grafici	Illimitato
Topologia	//	Può esistere limitata all'aspetto grafico	SI
Semantica	Segni su carta che esprimono entità o parti di esse	Elementi grafici che esprimono entità o parti di esse	Entità
Elaborazioni geometriche	//	SI	SI
Elaborazioni semantiche	//	NO	SI
Restituzione flessibile	//	SI a livello grafico	SI a livello di entità

Tab4. – Elementi che caratterizzano la cartografia disegnata, quella numerica e il mondo GIS. Gli elementi vincenti della tecnologia GIS si manifestano nel numero illimitati di strati informativi e di attributi e della modellazione dei dati.

Gli elementi che rendono la tecnologia GIS particolarmente potente sono la capacità di gestire un numero teoricamente infinito di strati informativi e la capacità di gestire entità con un numero teoricamente infinito di attributi: in pratica la possibilità di gestire una quantità di informazione enormemente maggiore. In termini concettuali inoltre la tecnologia GIS permette un’astrazione degli oggetti che prescinde dalla loro tecnica di rappresentazione.

### 3 - Utilizzo della tecnologia GIS

Ricordiamo che l'organizzazione dell'informazione geografica è basata su una divisione delle entità in classi e, all'interno di ciascuna classe, sulla presenza di una parte geografica e di una descrittiva. Un uso completo di queste componenti appare il modo migliore di utilizzare la tecnologia GIS, anche se le possibilità offerte dalla tecnologia GIS vengono sfruttate in modo diverso a seconda delle applicazioni e del tipo di dati disponibili.

Il primo modo di utilizzare la tecnologia GIS è quello della banale restituzione grafica di quanto presente negli archivi (fig.5). I dati sono quelli di un archivio GIS, di cui si sfrutta solo la componente spaziale, o anche dati non strutturati, provenienti dal mondo della cartografia numerica;

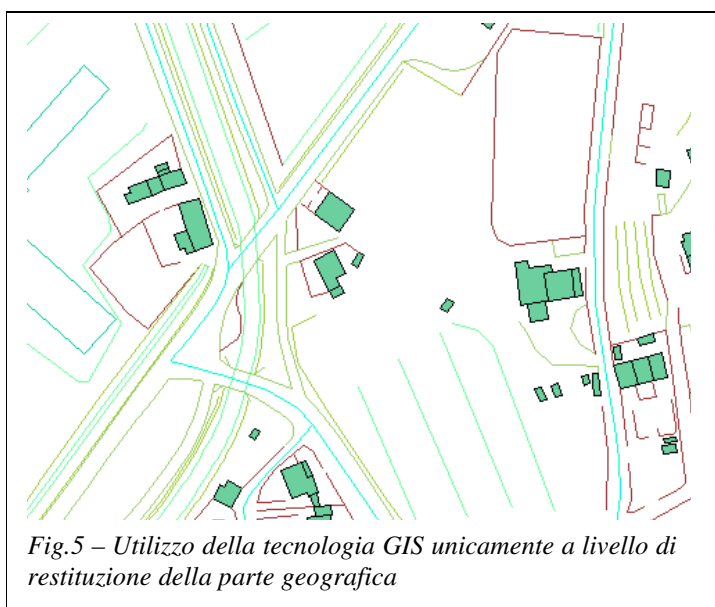
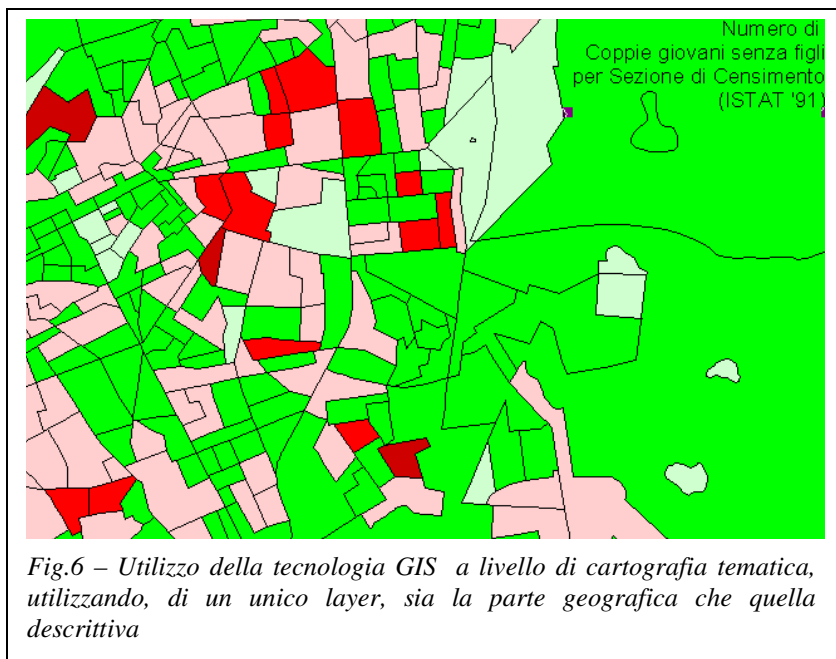


Fig.5 – Utilizzo della tecnologia GIS unicamente a livello di restituzione della parte geografica

si utilizza quindi la parte geometrica dell'informazione, combinando più livelli. Oltre a tutte le operazioni geometriche legate alla rappresentazione, è possibile attivare livelli informativi predefiniti e gestire le tecniche di restituzione. I documenti che ci troviamo di fronte sono in questo caso simili a quelli della cartografia tradizionale, salvo un più bizzarro utilizzo delle tecniche di disegno.

Dei tre aspetti: numero di strati informativi, parte geometrica e parte descrittiva, si utilizzano in questo caso i primi due.

Il secondo caso riguarda i cartogrammi (fig.6). Si tratta della identificazione di un tema (descritto da un attributo o da una combinazione di attributi) che viene rappresentato tramite la base cartografica. Gli elementi grafici sono una "buccia" che ospita un tematismo. Esempi tipici sono una mappa di distribuzione di popolazione su base comunale o una mappa che presenta, sempre su base comunale, i risultati di una consultazione elettorale. Questo tipo di uso incontra molta fortuna per:



*Fig.6 – Utilizzo della tecnologia GIS a livello di cartografia tematica, utilizzando, di un unico layer, sia la parte geografica che quella descrittiva*

1. le nuove capacità interpretative proposte dalla rappresentazione geografica rispetto alla rappresentazione tabellare;
2. la facilità intrinseca del processo, anche per chi non è esperto di informatica;
3. l'estrema rapidità con cui viene ottenuto un risultato.

Si parla in questo caso di cartografia tematica (o forse meglio cartografia monotematica). I documenti risultato di questo modo di operare sono molto diversi da quelli della cartografia tradizionale; rispetto a quest'ultima essi presentano un aspetto più quantitativo, mentre al contrario mancano di un contesto di riferimento.

Le tecniche di rappresentazione del valore di uno o più attributi degli oggetti territoriali in una carta tematica non sono solo quelle del colore, come in fig.6. A seconda dei dati si possono riportare, all'interno di ciascun elemento grafico, stringhe di caratteri, diagrammi a barre, a torta e altro.

Dei tre aspetti: numero di strati informativi, parte geometrica e parte descrittiva, si utilizzano in questo caso i ultimi due.

Il terzo modo di utilizzare la tecnologia GIS è quello più classico in cui si integrano informazioni provenienti da diversi livelli informativi. Ciascun livello fornisce un tema, come nel secondo caso, e diversi temi sono posti in correlazione tra di loro. In questo caso si utilizzano tutti e tre gli aspetti: numero di strati informativi, parte geometrica e parte descrittiva.

La correlazione delle informazioni provenienti dai diversi strati avviene in diversi modi. Distingueremo tre sottocasi.

Il primo è quello dell'integrazione di dati tramite rappresentazione (fig.7). In questo caso si rappresentano, su video o su carta, dati di tipo eterogeneo e l'operatore ne trae le conseguenti deduzioni. Il processo di integrazione dei dati è effettuato dall'uomo, mentre un elaboratore opera quale disegnatore. Una mappa di densità di popolazione disegnata sopra ad una mappa della viabilità permette di fare verifiche o programmi in termini di politica dei trasporti; una mappa che presenta, su base comunale, i risultati di una consultazione elettorale sovrapposta ad una mappa di reddito induce ad altre

considerazioni. Questo tipo di trattamento offre all'operatore una enorme capacità deduttiva (le combinazioni di dati eterogenei sono limitate solo dalla fantasia); tuttavia esistono alcuni limiti per quanto riguarda le metodologie di sovrapposizione.

Il secondo sottocaso è quello dell'integrazione di dati tramite elaborazione. Questo è il caso in cui vengono correlati tra loro dati eterogenei con l'ausilio di un software GIS. L'operatore riceve un prodotto complesso cui, spesso, deve aggiungere la propria interpretazione. Un esempio è quello del calcolo del rischio di incendio di boschi, basato sul fatto che tale rischio è tanto più grande quanto più il bosco è vicino ad una strada, ma lontano da un abitato, e ancora dipendente dal tipo di bosco, dal tipo di terreno, dalla pendenza, ecc. Si tratta evidentemente di gestire un insieme di dati diversi secondo un certo modello. Questo tipo di trattamento è quello che dà il maggior valore aggiunto ai dati; le difficoltà sono legate alla qualità dei dati, alle caratteristiche del modello, all'interpretazione dei risultati e infine ai limiti intrinseci del software GIS. Il risultato può anche non essere una mappa, anche se nella maggior parte dei casi lo è.

Il terzo sottocaso, infine, nasce dalla limitatezza intrinseca dei software GIS. I software oggi disponibili offrono funzionalità potenti, ma, salvo alcuni casi, di tipo generale. Quando si ha a che fare con problemi particolari viene richiesto l'uso di modelli matematici specializzati. Sono esempi la dispersione di gas nell'atmosfera, la diffusione di inquinanti nella falda, e altri. In questo caso occorre integrare il software GIS con i modelli disciplinari adatti allo scopo.