

L3

Cartografia tematica, numerica e sistemi informativi GIS



TEORIA

- 1 Le carte tematiche
- 2 Carte sulla natura del territorio
- 3 Carte dei suoli
- 4 Cartografia numerica
- 5 Sistemi informativi GIS
- 6 Tipi di rappresentazione
- 7 Funzionamento dei sistemi GIS
- 8 I prodotti finali dei sistemi GIS

RIASSUMENDO

AUTOVALUTAZIONE



Lo sviluppo delle tecnologie informatiche di fine '900 hanno dilatato l'ambito della cartografia nel contesto digitale delle carte numeriche. Con essa la carta diventa una vera e propria banca di dati utilizzabile in modo autonomo o come componente dei sistemi informativi GIS per dare luogo, come risultato finale di ricerche ed elaborazioni, a rappresentazioni flessibili, tridimensionali, talvolta interattive, come quella qui illustrata.

1. Le carte tematiche

Quando si deve intervenire sul territorio con finalità urbanistiche o agricole, più in generale per gestire il territorio, occorre conoscerne non solo le caratteristiche geografiche ma anche altri parametri (*fisici, antropici, economici*) che servono a rappresentare correttamente la situazione e l'evoluzione di una determinata zona. Le **carte tematiche** forniscono informazioni che riguardano le peculiarità di un dato territorio e i processi di trasformazione che l'hanno interessato.

Le **carte tematiche** sono costituite da immagini grafiche, redatte su base cartografica, che mediante *campiture*, simboli, colori, figure convenzionali, diagrammi, ecc. consentono legami geografici e valutazioni statistiche, qualitative e quantitative, riguardanti i diversi fenomeni specifici dei luoghi considerati.

Esse comprendono una vasta gamma di elaborati assai diversificati, sia per le modalità di rappresentazione connesse alla natura degli argomenti trattati, come pure per la scala di rappresentazione e per l'ampiezza delle aree rappresentate. Ci sono carte che studiano la natura del territorio (*carte geologiche, geomorfologiche, litologiche, clivometriche, del dissesto, della vegetazione*, ecc.), altre che analizzano temi legati alla presenza antropica (*carte della vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento, carte archeologiche*, ecc.). Ci sono anche carte relative ad aspetti della pianificazione e dell'utilizzazione reale del suolo (*carta dei suoli, dell'uso reale del suolo, della capacità d'uso dei suoli*, ecc.).

Le carte tematiche possono essere **carte di base** e **carte di sintesi**, a seconda che siano basate su *parametri rintracciabili* direttamente sul terreno oppure siano il risultato dell'*elaborazione delle carte di base* a scopo di ricerca o di pianificazione territoriale. Partendo dalle carte di base sono state costruite una serie di carte tematiche su cui sono riportate informazioni che rivestono un interesse applicativo per chi opera sul territorio. Generalmente sono costruite con la redazione di una carta di base per ogni fattore considerato e il successivo incrocio da cui risulta la *zonizzazione* del territorio in esame in *aree omogenee*.

2. Carte sulla natura del territorio

■ Carte geologiche

La **carta geologica** indica le principali formazioni geologiche riunite per *gruppi omogenei*. Sono utilizzate per evidenziare le caratteristiche stratigrafico-strutturali che riguardano una certa zona.

Sono **carte topografiche** con indicate, mediante opportune colorazioni e segni convenzionali, anche abbinati a numeri e lettere, la collocazione spaziale delle rocce affioranti o presenti immediatamente al disotto dello strato vegetale di copertura, nonché le caratteristiche tettoniche di una data area.

Di norma vengono indicati i *caratteri litologici*, l'*età geologica*, l'appartenenza delle rocce a determinate *serie stratigrafiche*, lo *spessore degli strati*, la *direzione e la pendenza degli strati*, le *sorgenti*, i *fossili*, le *miniere*, le *cave*, ecc. Sono generalmente costituite da un corpo centrale con la *planimetria* e una zona di contorno in cui sono riportate le informazioni di corredo: la legenda, le sezioni stratigrafiche più significative e le serie stratigrafiche tipiche della zona.

In Italia l'organo ufficiale preposto istituzionalmente alla realizzazione e diffusione della cartografia geologica e geotematica è il Servizio Geologico Na-

FAQ

► Cosa sono le carte tematiche?

Sono carte ottenute elaborando altre carte esistenti mediante opportuni segni grafici che forniscono informazioni su elementi peculiari di un dato territorio.

FAQ

► Perché sono importanti le carte geomorfologiche?

Perché rappresentano anche i processi di trasformazione dei luoghi e quindi consentono di individuare le eventuali aree a rischio geologico o idrogeologico.

zionale del Ministero dell'Ambiente. La **carta geologica d'Italia**, realizzata per tutto il territorio nazionale, è redatta alla scala 1:100 000, suddivisa nei 284 fogli corrispondenti a quelli della carta topografica d'Italia al 100 000 dell'IGM. Considerando che è redatta in scala molto piccola, la carta geologica d'Italia, nella maggior parte dei casi, è utile per un inquadramento geologico, ma risulta generalmente insufficiente per scopi operativi. Per questo il Servizio Geologico ha iniziato la realizzazione e la diffusione della carta geologica alla scala 1:50 000, suddivisa nei 636 fogli corrispondenti a quelli della carta topografica d'Italia al 50 000 dell'IGM.

■ Carte geomorfologiche

Le **carte geomorfologiche** sono **carte di base** che consentono di pianificare l'utilizzo del territorio in armonia con la sua *configurazione paesaggistica*.

Nelle *carte geomorfologiche* vengono rappresentate le *forme* che caratterizzano il paesaggio, nonché i processi di *erosione* e *accumulo* che regolano la trasformazione della superficie terrestre.

Generalmente queste carte considerano soltanto i *processi di trasformazione* della geologia dell'era Neozoica determinati dagli agenti interni ed esterni alla Terra, mentre la litologia e le strutture formatesi nelle ere precedenti sono talvolta rappresentate in modo semplificato. Nella redazione delle carte geomorfologiche sono molto utilizzati i *rilievi aerofotogrammetrici*, che consentono di cogliere in modo più soddisfacente la metamorfosi del paesaggio e di identificare quindi le aree a rischio geologico o idrogeologico.

Queste carte hanno generalmente il duplice obiettivo di segnalare le **emergenze** (di tipo fisico, geologico, mineralogico, ecc.) e di fornire un quadro completo sull'*evoluzione geomorfologica* della zona e sulla *stabilità* del territorio. Vi sono altresì indicati gli stati di fatto che meritano di essere conservati, perché indicatori di processi avvenuti in passato e non rinnovabili, oppure perché assumono carattere di rarità, valore scientifico o didattico. Inizialmente, dall'esame di foto aeree e da sopralluoghi sul terreno, viene effettuata la stesura di una carta geomorfologica in scala 1:100 000. Quindi vengono individuate le *aree più significative* su cui si effettuano *rilievi di dettaglio* che portano a una serie di carte in scala 1:25 000, redatte sulla base delle tavolette al 25 000 dell'IGM.

Nella ► **FIGURA 1** è riprodotta parte della carta geomorfologica relativa alla zona di Carpi e la relativa legenda con la descrizione delle unità e della stratigrafia.

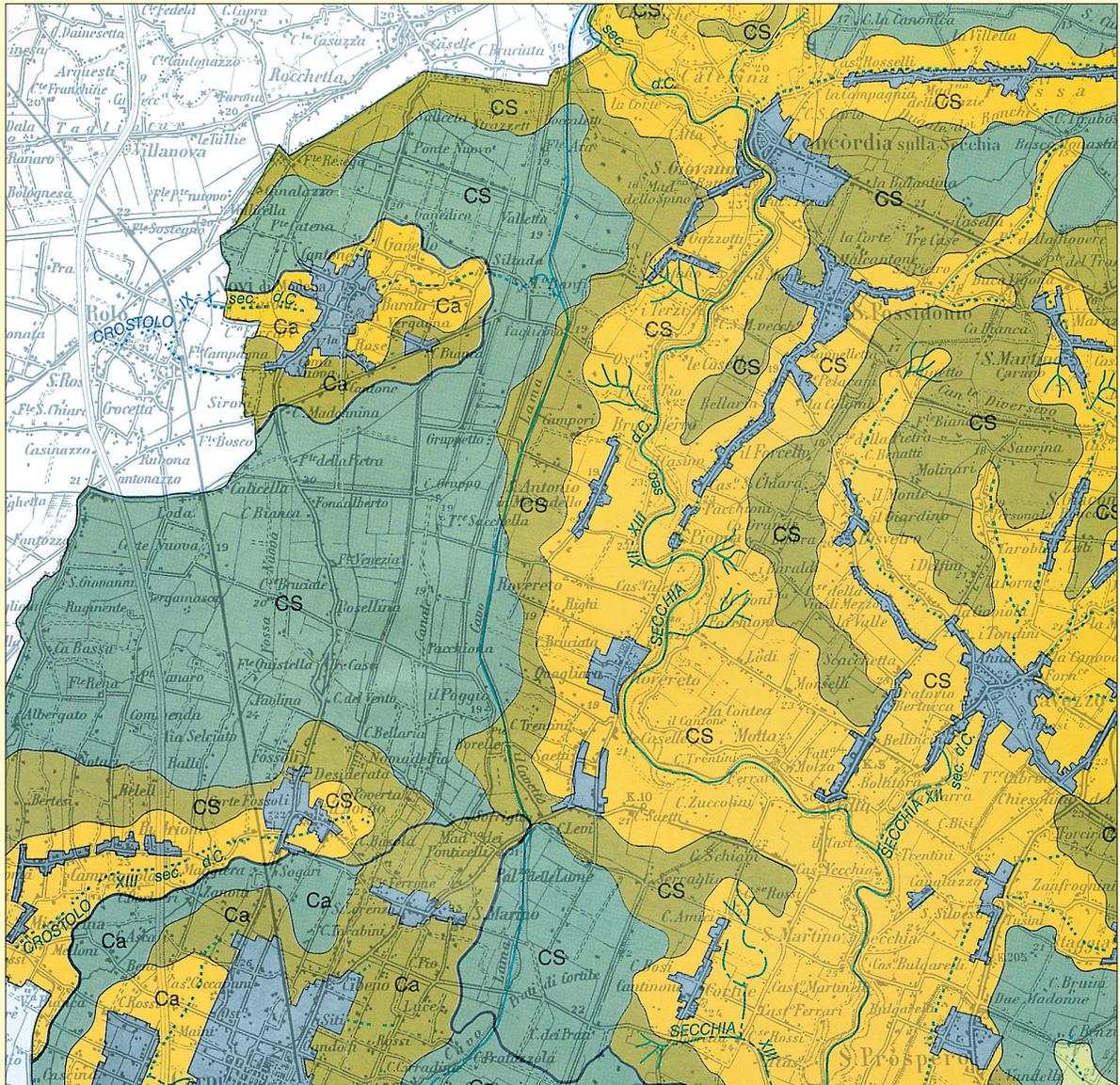
■ Carte idrogeologiche

Le **carte idrogeologiche** sono **carte di base** che evidenziano sia la *permeabilità* dei suoli che la *posizione* e il *movimento* delle *falde acquifere sotterranee*. Vi si rappresentano le potenziali risorse idriche del sottosuolo.

Sono carte redatte differenziando le *falde freatiche* da quelle *artesiane*, e rappresentando le *rocce* in base ai valori della loro *permeabilità*.

Vi sono riportati i bacini idrici, le sorgenti, le direzioni di flusso sotterraneo e tutte le altre informazioni di carattere idrogeologico. In particolare, i principali parametri presi in considerazione, e in base ai quali vengono generalmente redatte carte idrogeologiche di vario tipo, sono:

- la struttura degli acquiferi e la quota del livello dell'acqua con riferimento al piano di campagna;



PIANA PEDEMONTANA

 Unità delle Conoidi del Reticolo Idrografico Principale
CB - Case Barchessa; CS - Case Secchia; Ca - Carpi;
Mo - Montale; Vi - Vignola

 Unità delle Conoidi del Reticolo Idrografico Minore
CS - Case Secchia; Ca - Carpi; Mo - Montale;
Te - Tegagna; Vi - Vignola; FS - Fossa di Spezzano

PIANA A COPERTURA ALLUVIONALE

 Unità degli Argini Naturali del Reticolo Idrografico Principale
CS - Case Secchia; Ca - Carpi

 Unità delle Coperture Alluvionali
CS - Case Secchia; Ca - Carpi

 Unità degli Argini Naturali del Reticolo Idrografico Minore
CS - Case Secchia; Ca - Carpi

 Unità delle Valli
CS - Case Secchia; Ca - Carpi

STRATIGRAFIA

CB - Case Barchessa
CS - Case Secchia
Ca - Carpi
Mo - Montale
Te - Tegagna
Vi - Vignola
FS - Fossa di Spezzano

FIGURA 1 Particolare della carta delle unità geomorfologiche dei suoli della pianura modenese in scala 1:100 000.

- la qualità delle acque sotterranee rappresentata dalle sue caratteristiche geochimiche;
- le zone di alimentazione delle falde considerate, il loro spessore e lo stato di inquinamento.

3. Carte dei suoli

■ Carta della vegetazione

La **carta della vegetazione** rappresenta la *distribuzione* dei diversi *tipi vegetali* su una certa area. Altri tipi di carte, come quelle della *vegetazione potenziale*, evidenziano le piante che vi sarebbero in una certa zona se non fosse soggetta alla presenza dell'uomo.

La *carta della vegetazione* è ottenuta con metodi di analisi che tengono conto dei legami tra i fattori naturali e le attività umane.

Vi sono riportate, con colori diversi, i vari tipi di *boschi*, di *prati*, di *seminativi*, ecc. Sono *carte naturalistiche* che rappresentano i fenomeni vegetali e la loro interazione con quelli antropici. Si possono avere diversi tipi di carte della vegetazione: le *carte fisionomiche*, che riportano le specie vegetali prevalenti; le *carte forestali*, che indicano la situazione selvicolturale di una certa zona, e le *carte fitosociologiche*, che riportano i raggruppamenti botanici formati dalla combinazione di più fattori.

Nella ► FIGURA 2 è riprodotta parte della tavola 236-SE Montese della carta della vegetazione dell'Emilia Romagna e la relativa legenda con la descrizione delle diverse colture.

■ Carta pedologica

La conoscenza approfondita della realtà fisica di un territorio costituisce un supporto indispensabile per una programmazione costruita su basi scientifiche. La **carta pedologica** ne illustra i principali caratteri chimici e fisici.

Si tratta di una rappresentazione cartografica che riporta la distribuzione nel territorio dei suoli con le loro caratteristiche permanenti o difficilmente modificabili, e costituisce la base per derivare carte tematiche finalizzate a molteplici utilizzi pratici.

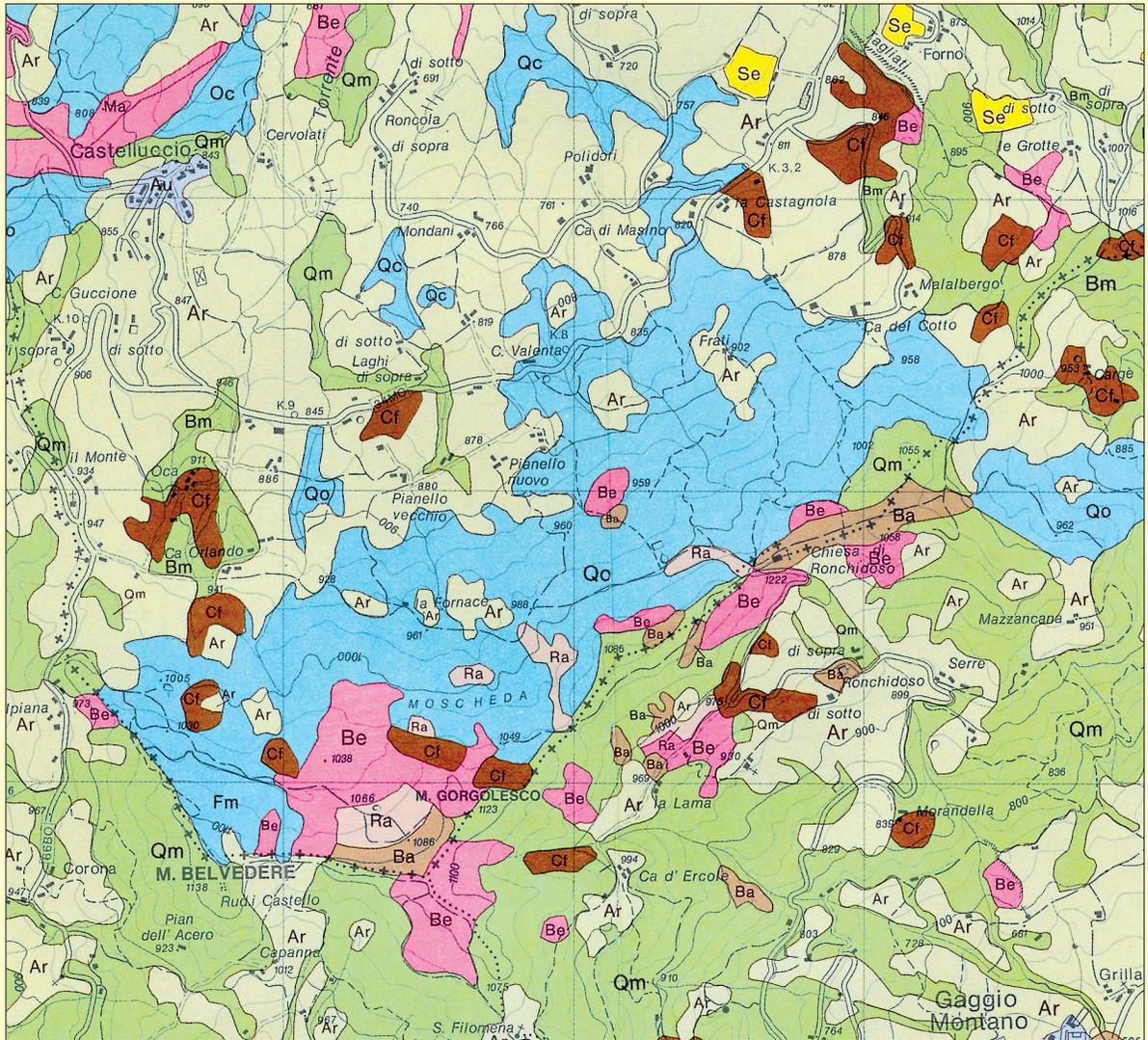
La realizzazione della carta dei suoli avviene per fasi successive.

- **Prima fase.** Dopo il reperimento della cartografia di base, vengono analizzate le foto aeree su cui viene effettuata la delimitazione per ambiti territoriali omogenei relativamente ai principali attributi fisici connessi con il suolo (**unità di paesaggio**). Questa fase comporta tarature preliminari mediante controlli in campagna e verifiche successive. Si ottiene così una bozza della carta dei suoli che rappresenta il documento di riferimento per le fasi successive. In questa fase viene anche effettuata un'indagine sui principali dati climatici della zona.
- **Seconda fase.** Mediante il rilievo di campagna viene studiato e campionato il suolo. Si localizzano e si descrivono i profili di suolo, e se ne prelevano i campioni che vengono poi analizzati in laboratorio per determinarne i principali caratteri chimici e fisici, quali granulometria, pH, tessitura, contenuto di calcare, spessore, salinità, ecc.
- **Terza fase.** Attraverso la sintesi cartografica delle fasi precedenti viene redatta la carta dei suoli che ne riporta la descrizione e la classificazione.

FAQ

► **Perché la carta dei suoli è la base da cui vengono derivati molti tipi di carte tematiche?**

Perché per un dato territorio riporta la distribuzione dei suoli in base alle principali caratteristiche chimico-fisiche.


BOSCHI MESOFILI A QUERCE E LATIFOGIE MISTE
 (Laburno-Ostryon Ubaldi 1980)

- Qc** QUERCETO DI CERRO (*Quercus cerris*)
- Qo** BOSCO DI CERRO E CARPINO NERO (*Quercus cerris* - *Ostrya carpinifolia*)
- Oc** BOSCO DI CARPINO NERO (*Ostrya carpinifolia*)
- Fm** FAGGETA MISTA, con castagno (*Castanea sativa*), carpino bianco (*Carpinus betulus*), carpino nero (*Ostrya carpinifolia*), ciavardello (*Sorbus torminalis*), roverella (*Quercus pubescens*) e perastro (*Pyrus pyrastrer*). Strato arbustivo con nocciolo (*Corylus avellana*), *Euonymus latifolius*, *Lonicera zylostereum*.

QUERCETI XEROFILI (*Cytiso-Quercion pubescentis* Ubaldi [1984] 1988)

- Qm** QUERCETO DI ROVERELLA E CERRO (*Quercus pubescentis* - *Quercus cerris*)
- Bm** BOSCO MISTO DI ROVERELLA, CERRO, CASTAGNO E CIAVARDELLO (*Quercus pubescens* - *Quercus cerris* - *Castanea sativa* - *Sorbus torminalis*)
- Qa** QUERCETI E QUERCETO-CASTAGNETI ACIDOFILI (*Erythronio* - *Quercion petraeae* Ubaldi 1988)
- Cf** CASTAGNETI DA FRUTTO

Ba BOSCHI DI CONIFERE

Ra RIMBOSCHIMENTI DI CONIFERE

Prati e prati arbustati meso-xerofili
 (*Mesobromion* Br.-Bl. et Moor 1938)

Be PRATI E BROMUS ERECTUS E BRACHYPODIUM PINNATUM con *Knautia* cf. *purpurea*, *Genista januensis*, *Galium lucidum*, *Prunella lacinata*, *Teucrium montanum*
Ma AGGRUPPAMENTI A MOLINIA ARUNDINACEA con *Salix apennina*, *Ononis masquillerii* e *Tussilago farfara*
Ar PRATERIE MESOFILE DA SFALCIO
 (*Arrhenatheretalia* Pawl. 1928)

Sp ARBUSTI E BOSCI ALVEALI A SALICI
 (*Salicetalia purpureae* Moor 1958)

Se SEMINATIVI (*Secalinetea* Br.-Bl. 1951)

Al CORSI D'ACQUA

Zr ZONE A PREVALENTE AFFIORAMENTO LITOIDE

Au AREE URBANE E ZONE INDUSTRIALI

FIGURA 2 Particolare della carta della vegetazione tavola 236-SE Montese in scala 1:25 000.

Varie Regioni hanno in corso di realizzazione la carta dei suoli in scala 1:50 000 per le zone di pianura e in scala 1:25 000 per i territori collinari e montani. La base cartografica è costituita dalla carta dell'IGM e dalle CTR.

La carta pedologica, insieme ai dati utilizzati per la sua redazione, costituisce la cartografia di base per derivare carte di immediata lettura e utilizzo pratico.

Tra le principali carte derivate vanno considerate quelle relative alla valutazione delle attitudini e delle limitazioni dei suoli. Sono carte che vengono redatte con l'obiettivo di individuare le possibili utilizzazioni alternative del territorio, come supporto per la pianificazione territoriale, l'assistenza tecnica nel settore agricolo e forestale, interventi di drenaggio, irrigazione e per progettazioni di tipo urbanistico.

■ Carta dell'attitudine dei suoli alla coltivazione di colture specifiche

Una delle più importanti carte derivate dalla carta pedologica è senz'altro la **carta dell'attitudine dei suoli ad alcune specifiche colture**, in quanto costituisce un indispensabile supporto per affrontare le problematiche relative alla riconversione colturale e alla stima delle aree agricole.

La carta dell'attitudine dei suoli ad alcune *specifiche colture* raggruppa le unità di territorio di una data area in classi di *decescente predisposizione* alla coltivazione della specie in esame.

Generalmente riportano indicazioni circa l'attitudine dei suoli alla coltivazione di colture individuate di volta in volta e che presentano un certo interesse economico e agronomico. Le classi sono definite in base ai requisiti ambientali di ciascuna coltura e i suoli vengono inseriti in una o nell'altra classe a seconda delle caratteristiche che presentano. Tale impostazione si basa sulla valutazione di alcuni dei numerosi parametri ambientali che condizionano la crescita di una pianta, senza peraltro esaminare le complesse interrelazioni.

■ Carta della capacità d'uso dei suoli

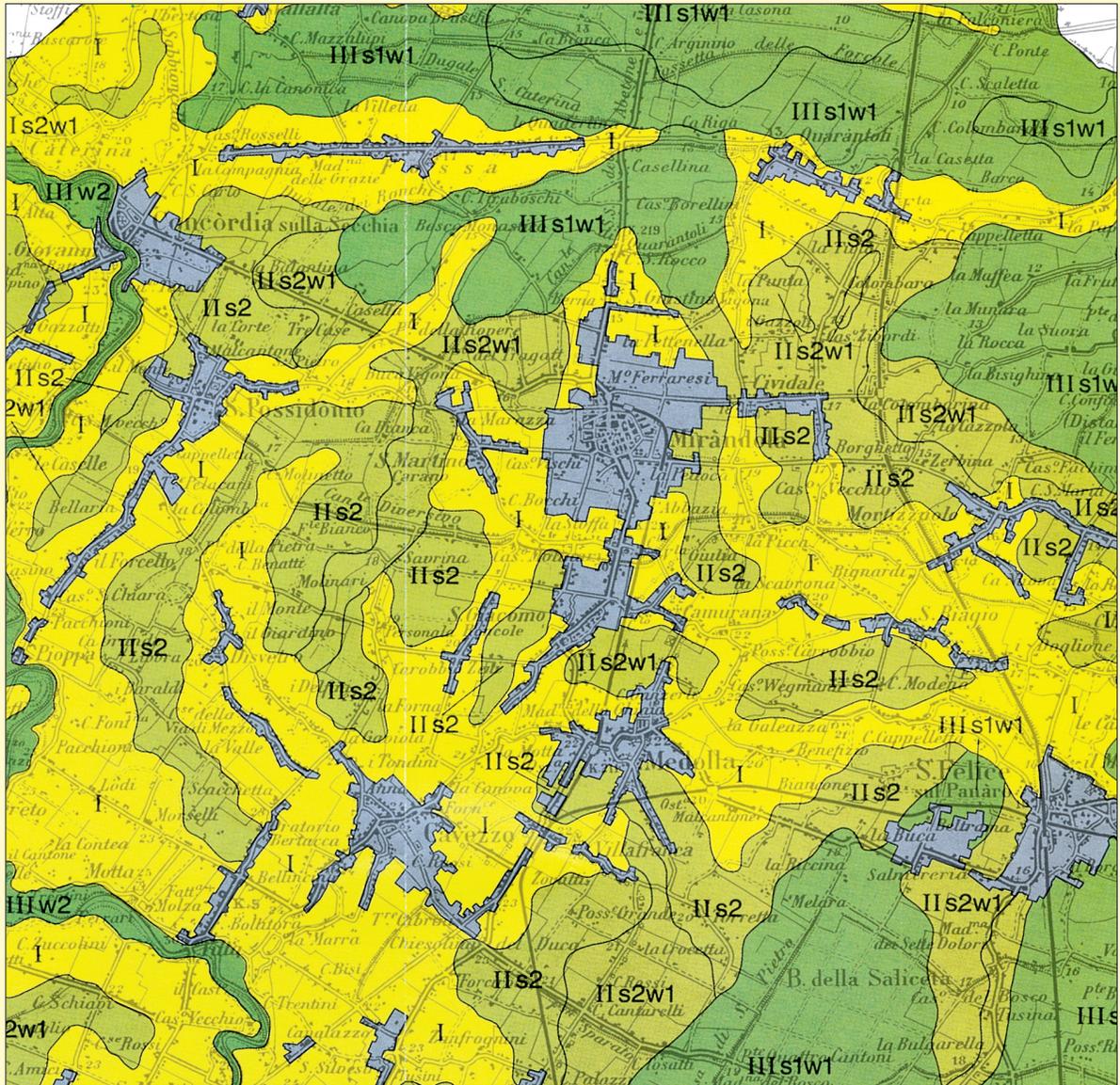
Tra quelle derivate dalla carta dei suoli anche la **carta della capacità d'uso dei suoli** è una delle più importanti. Risulta dalla elaborazione di informazioni riguardanti la pedologia, l'acclività, la presenza d'acqua, la presenza di roccia, il rischio geologico, ecc.

La carta della capacità d'uso dei suoli raggruppa le unità di territorio di una data area in base alla loro *capacità di accogliere per lungo tempo* le colture ordinarie con esito positivo e senza che insorgano fenomeni di degrado del suolo.

L'attitudine dei suoli alla coltivazione delle colture diffuse in una certa zona viene ricavata tenendo conto sia delle limitazioni del suolo sia del modo in cui questo reagirebbe qualora venisse utilizzato a scopo agricolo. Generalmente la classificazione della capacità d'uso dei suoli è strutturata secondo diversi livelli di raggruppamento che tengono conto dei diversi fattori limitanti.

La Regione Emilia Romagna (► FIGURA 3) utilizza il seguente sistema di classificazione delle capacità d'uso.

- **Classi.** Aggregano suoli che hanno lo stesso grado di limitazione o di rischio di degrado correlato con la loro utilizzazione. Sono contrassegnate con numeri romani da **I** a **VIII** secondo il graduale aumento dei fattori limitanti e quindi del restringimento del loro uso. Le classi da **I** a **IV** sono attribuite a suoli che possono essere soggetti a colture agricole, mentre le altre classi indicano ter-



Aree urbane
 Aree interessate da attività estrattiva
 Corpi d'acqua

UNITÀ CARTOGRAFICHE		
I		Terre con suoli privi o con lievi limitazioni.
I/II s2		Terre con suoli privi o con lievi limitazioni e suoli con lavorabilità moderata.
I/II w1		Terre con suoli privi o con lievi limitazioni e suoli con moderata disponibilità di ossigeno per le radici delle piante.
I/III w3		Terre con suoli privi o con lievi limitazioni e suoli soggetti a rischio di deficit idrico.
II s2		Terre con suoli a lavorabilità moderata.

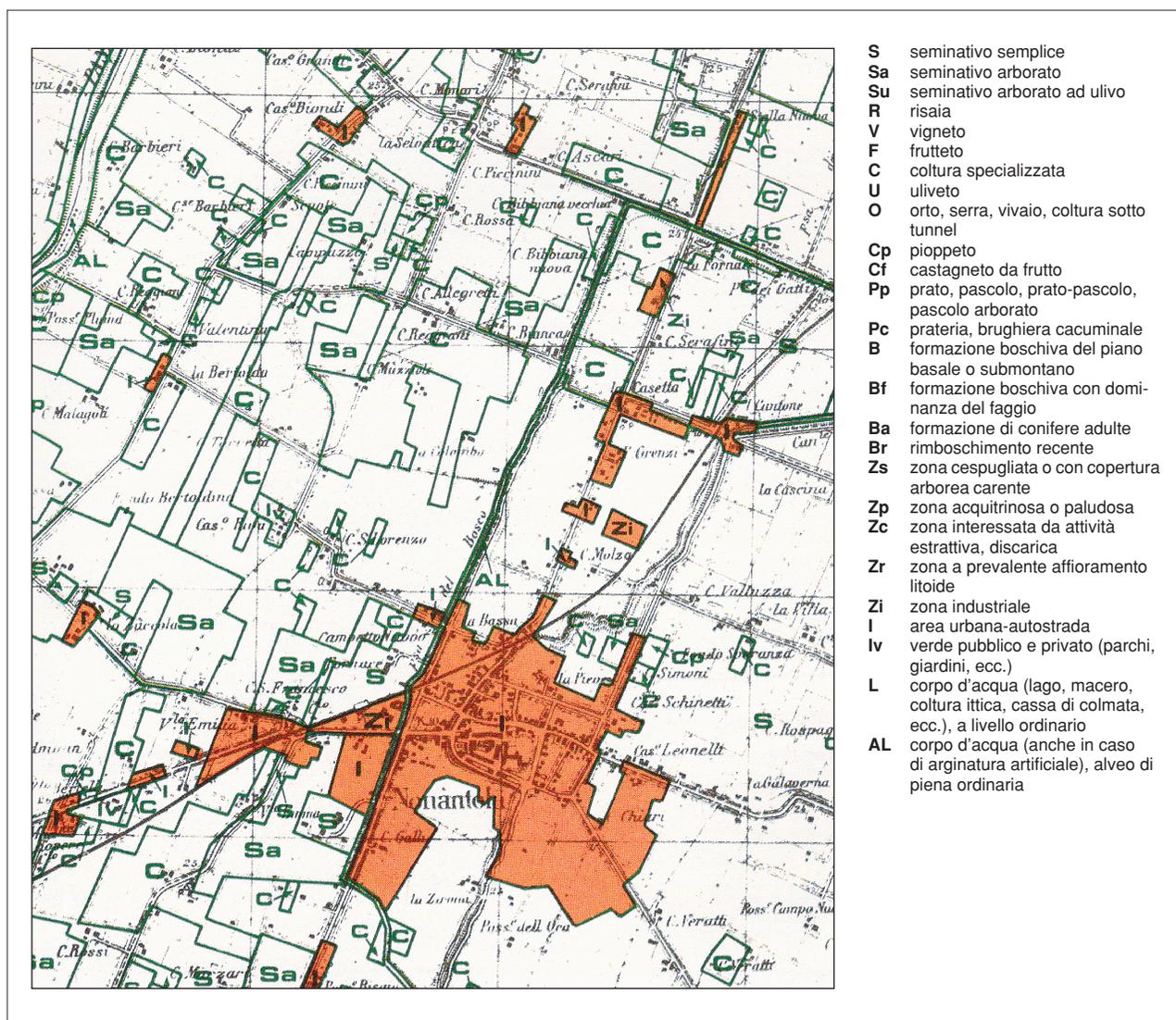
UNITÀ CARTOGRAFICHE		
II s2w1		Terre con suoli a lavorabilità moderata e moderata disponibilità di ossigeno per le radici delle piante.
II s2/III s1w1		Terre con suoli a lavorabilità moderata e suoli con moderata profondità utile per le radici e imperfetta disponibilità di ossigeno.
III w2		Terre con suoli privi o con moderate limitazioni soggette a inondazioni occasionali.
III w3		Terre con suoli soggetti a rischio di deficit idrico.
III s1w1		Terre con suoli con moderata profondità utile per le radici e imperfetta disponibilità di ossigeno.

FIGURA 3 Particolare estratto dalla carta della capacità d'uso dei suoli della pianura modenese; scala 1:100 000.

reni che possono essere destinati soltanto al pascolo, alla forestazione o alla conservazione dell'ambiente naturale.

- **Sottoclassi.** Aggregano suoli che appartengono alla stessa classe e presentano limitazioni o problematiche simili. Sono contrassegnate da lettere minuscole (**e, w, s, c**), che indicano diversi gruppi di limitazioni, apposte dopo il numero romano. La lettera **e** indica le limitazioni che comportano perdite di suolo (clivometria, frane, erosione, ecc.), la lettera **w** le limitazioni idriche (inondazioni, deficit idrico, disponibilità di ossigeno per le radici delle piante, ecc.), la lettera **s** le limitazioni dello strato interessato dalle radici (pietrosità, salinità, profondità utile, lavorabilità, ecc.), la lettera **c** le limitazioni climatiche (nebbie, gelate, precipitazioni insufficienti, ecc.). La classe **I** non ha sottoclassi perché vi appartengono suoli con deboli limitazioni. La classe **V** non può contenere la sottoclasse **e** perché i suoli che vi appartengono non sono soggetti all'erosione.
- **Unità.** Aggregano suoli che appartengono alla stessa sottoclasse e presentano le stesse limitazioni. La designazione viene effettuata apponendo un numero arabo dopo la lettera della sottoclasse. I suoli di una unità possono avere la stessa utilizzazione e gestione agricola in quanto hanno le stesse potenzialità e limitazioni permanenti.

FIGURA 4 Particolare della carta dell'uso reale del suolo in scala 1:25 000 (Regione Emilia Romagna).



■ Carta dell'uso reale del suolo

La **carta dell'uso reale del suolo** rappresenta i diversi tipi di utilizzazione effettiva di un territorio e serve per pianificare ogni ulteriore intervento sul territorio stesso. Data l'estrema rapidità delle variazioni che intervengono nel settore, queste carte generalmente vengono redatte per ambiti ridotti e locali, fanno largo uso di foto aeree e devono essere sistematicamente aggiornate.

Sulle carte dell'uso reale del suolo vengono riportate le informazioni relative alla *distribuzione* e all'*estensione* delle *colture agrarie* e della *copertura boschiva*, nonché la localizzazione e delimitazione sia delle *aree urbanizzate* che delle *acque superficiali*.

La carta viene redatta su base topografica, tramite fotointerpretazione e successiva verifica con controlli diretti sul terreno. Sulla base delle caratteristiche tecniche del materiale aereofotogrammetrico e tenendo conto delle applicazioni principali cui è destinata la carta dell'uso reale del suolo, vengono individuate le classi cui appartengono le diverse forme d'uso dei suoli: area agricola, zona idrica, area forestale, area edificata, area non coltivata, ecc. Per ognuna di esse vi sono poi delle sottoclassi.

La carta dell'uso reale del suolo trova l'utilizzo più opportuno nella redazione dei piani territoriali, dei piani zionali di sviluppo agricolo e dei piani di bacino idrografico. Viene impiegata anche per un'analisi di massima nella formazione dei PRG.

Il CNR ha redatto una carta dell'utilizzazione del suolo d'Italia alla scala 1:200 000 divisa in 26 fogli.

La Regione Emilia Romagna ha redatto la carta dell'uso reale del suolo utilizzando come supporto cartografico le tavolette al 25 000 dell'IGM (► FIGURA 4). Le informazioni sono state acquisite da fotogrammi in scala 1:13 000 presi da una quota di 2250 m. Sono state utilizzate 6 classi d'uso, suddivise in 26 sottoclassi.

4. Cartografia numerica

La **cartografia numerica** consiste in un insieme organizzato di informazioni costituite da dati **numerici** (coordinate cartografiche E, N, Q o geografiche φ, λ) e **alfanumerici** (attributi codificati), organizzati con opportune strutture logiche (detti **database** cartografici e abbreviati con la sigla DB), **memorizzati** in modo tale da poter essere trattati dal computer.

Su tali dati possono essere eseguite elaborazioni, mediante opportuni programmi di calcolo, e da essi possono essere ottenute visualizzazioni sugli schermi dei computer o su supporti cartacei a mezzo di plotter e stampanti. La **cartografia numerica** può essere ottenuta in tre modi:

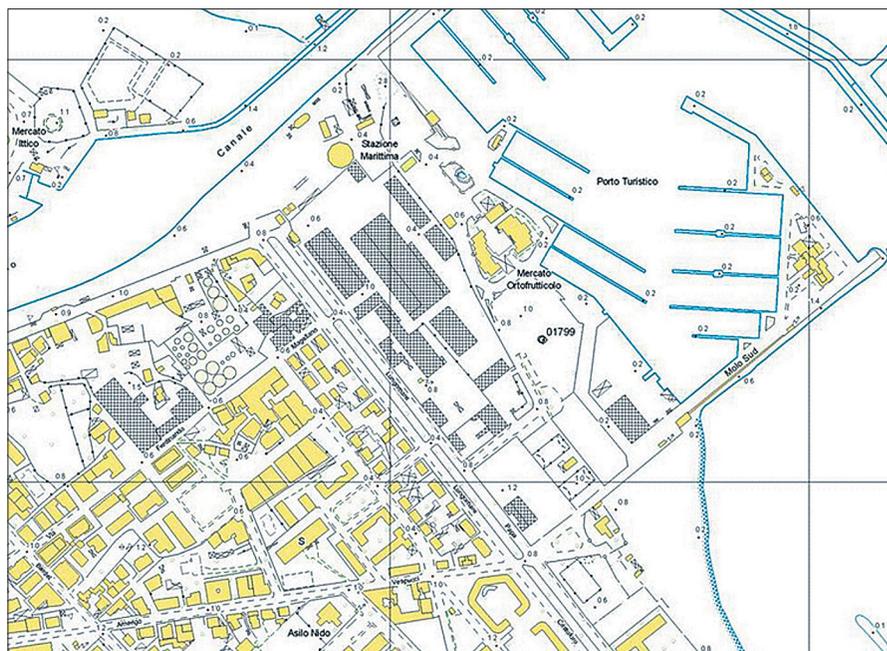
- da digitalizzazione di una carta tradizionale *a seguito di georeferenziazione* (v. prossimo paragrafo), con sigla **CND**;
- da tecniche fotogrammetriche analitiche/digitali, con sigla **CFN**;
- da strumentazione topografica informatizzata, con sigla **CTN**.

La carta digitale, oltre che come insieme numerico di dati, possiede le seguenti due **forme di rappresentazione** grafica.

- **Vettoriale**: utilizza le *primitive geometriche* (tipiche dei sistemi CAD) punto, linea e poligono per rappresentare in un **disegno** le forme e la posizione degli oggetti che caratterizzano il territorio (► FIGURA 5).
- **Raster**: utilizza i **pixel** (minima unità di informazione all'interno di una griglia di elementi quadrati) per rappresentare la carta, che diventa di fatto un'**immagine digitale**.

L'importanza della carta numerica non è limitata al fatto di raggiungere ottime precisioni d'impianto, ma piuttosto perché costituisce una formidabile **banca di**

FIGURA 5 Stralcio di una stampa ottenuta da una carta numerica in formato vettoriale.



dati. In effetti tutti gli elementi costitutivi sono classificati secondo **codici** che definiscono gruppi omogenei di elementi e livelli gerarchici. Ciò consente sia di creare **nuove elaborazioni**, attraverso incroci di dati, isolamento o separazione dei livelli; sia di calcolare elementi geometrici quali *perimetri, superfici, volumi*, e, inoltre, di costruire *carte derivate, immagini tridimensionali, sezioni*.

Attualmente è tale l'importanza e la potenzialità della *carta numerica*, che molte Regioni allestiscono la propria CTR solo in forma *numerica*, abbandonando la produzione del tradizionale supporto cartaceo.

■ Caratteristiche della carta numerica

Si è visto come la *carta numerica* sia costituita da un insieme strutturato di *coordinate* memorizzato in un **file**. A queste coordinate è poi associato un *codice di*

TABELLA 1 Confronto tra la cartografia tradizionale e quella numerica

Cartografia tradizionale	Cartografia numerica
È costituita da un disegno esplicito eseguito con modalità tali che, tramite la <i>parametratura</i> della cornice, si possono recuperare le coordinate dei punti (disegno → coordinate) (► FIGURA 6)	È costituita da un insieme organizzato di coordinate da cui può essere ottenuto in modo implicito il disegno (coordinate → disegno) (► FIGURA 6)
È interpretata, pertanto lascia aperta la possibilità di interpretazioni sogettive	È una carta non interpretata, pertanto è assicurata l' oggettività del contenuto metrico
I dati planimetrici e altimetrici sono dissociati , questi ultimi vengono ottenuti per <i>interpolazione</i> dalle curve di livello o dai punti quotati	I dati planimetrici e altimetrici sono associati , pertanto è possibile ottenere direttamente il dato altimetrico (tutti i punti hanno la loro quota)
	È molto flessibile in quanto consente di visualizzare o stampare una carta con solo gli aspetti richiesti in un determinato contesto
	È possibile rielaborare la base informativa per ottenere elementi geometrici come aree e perimetri, oppure disegni come profili e sezioni
	È possibile che la carta numerica costituisca la base di un sistema GIS (v. prossimo paragrafo)

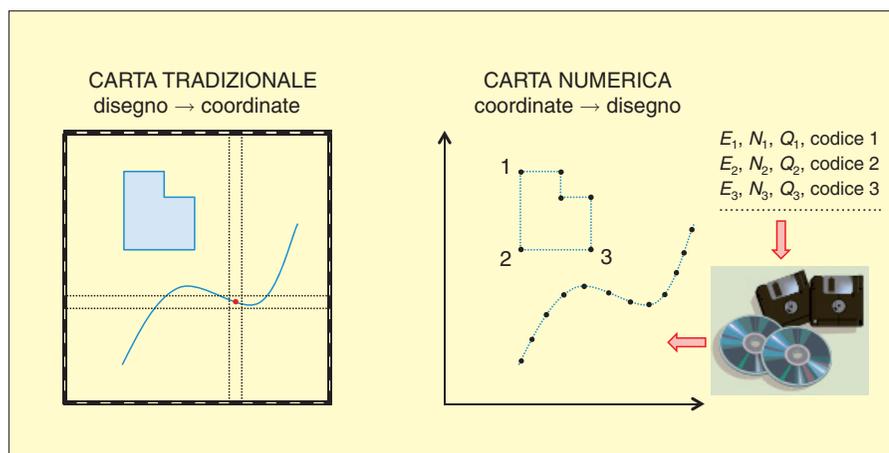


FIGURA 6 Schema concettuale della cartografia tradizionale e di quella numerica.

categoria (che definisce il tipo di elemento geometrico a cui appartiene il punto) e un *codice di visualizzazione*. L'insieme dei dati è organizzato in una *forma logica* che consente di ricostruire e visualizzare (sul video o su carta) con elaborazioni successive prodotte al computer, sia le informazioni geometriche sia quelle qualitative.

In generale, in sostanza, le informazioni relative a ciascun punto del database cartografico, sono:

- coordinate E, N, Q ;
- codice di categoria;
- tipo di visualizzazione.

Per comprendere l'importanza che sta assumendo la cartografia numerica, nella ► **TABELLA 1** viene proposto un confronto con la *cartografia tradizionale* su supporto cartaceo.

5. Sistemi informativi GIS

Per i sistemi GIS, trattandosi di una recente tecnologia, non esiste una definizione consolidata e **univoca**, ma si possono osservare diverse definizioni in funzione dei vari contesti operativi. Come conseguenza, talvolta, si riscontra una proliferazione di gerghi peculiari per la disciplina, e qualche difficoltà nella comunicazione anche tra gli addetti. Noi, tra tutte, proponiamo la seguente definizione.

Un sistema *informativo* (in quanto produce informazioni) *geografico* identificato con la sigla **GIS** (*Geographical Information System*) è un sistema informatico che permette l'*acquisizione*, la *memorizzazione*, l'*analisi*, la *visualizzazione* e la *restituzione* di informazioni derivanti da dati **geografici** (in quanto per essi è possibile stabilire una precisa localizzazione sulla superficie terrestre) e da *eventi* che esistono e si verificano sul territorio.

Più in particolare i sistemi GIS sono costituiti da una serie di **software** in grado di *trattare*, *analizzare* e *visualizzare* dati e informazioni in qualche modo legati al **territorio**, associando a ciascun elemento geografico *georeferenziato* (attraverso un processo analitico con il quale un oggetto viene posizionato su una carta secondo un dato sistema di coordinate), una o più informazioni di tipo alfanumerico.

Possiamo aggiungere, inoltre, che si tratta di uno strumento completo ed efficiente, appositamente concepito sia per una precisa conoscenza del territorio, sia

FAQ

► In cosa consiste una carta numerica?

In informazioni numeriche (coordinate) e alfanumeriche (attributi), organizzate in strutture logiche dette *database* cartografici, memorizzati in modo tale da poter essere elaborati dal computer.

FAQ

► Cosa significa la sigla CND?

È la sigla che identifica una carta numerica ottenuta per digitalizzazione di una carta tradizionale su supporto cartaceo.

FAQ**► Quali funzioni svolgono i sistemi GIS?**

Quelle di provvedere all'*acquisizione*, alla *memorizzazione*, all'*analisi*, alla *visualizzazione* e alla *restituzione* di dati relativi a oggetti, fenomeni ed eventi presenti sul territorio.

FAQ**► Cosa significa georeferenziare un dato territoriale?**

Significa attribuire al dato le sue coordinate spaziali relative a un opportuno sistema di riferimento (Gauss-Boaga, UTM ecc.).

per il trattamento e l'analisi delle informazioni associate agli oggetti (punti, linee, superfici) *georeferenziati*, cioè riferiti a elementi o eventi presenti in una determinata porzione di superficie terrestre di **posizione spaziale nota**.

In Italia, talvolta, si utilizzano indistintamente le sigle *Sistema Informativo Geografico* (GIS) e *Sistema Informativo Territoriale* (SIT). In realtà i GIS sono sistemi strettamente connessi all'elemento **cartografico** (etimologicamente *geografia* significa appunto disegno della Terra), mentre nei sistemi SIT tale legame non è strettamente necessario; pensiamo, per esempio, a un sistema informativo territoriale per la gestione di un'anagrafe comunale (dunque legata al territorio, ma nel suo aspetto amministrativo), che non richiede una connessione con il dato cartografico.

Una caratteristica sostanziale di un GIS è la capacità, come accennato in precedenza, di **georeferenziare** le informazioni, cioè di attribuire a ogni elemento informativo le sue coordinate spaziali relative a un opportuno sistema di riferimento (Gauss-Boaga, UTM ecc.) in cui realmente è collocato l'oggetto.

■ Tipologie di GIS

Gli obiettivi generali dei *sistemi informativi geografici* sono essenzialmente quelli di *ricerca* e di *analisi*, dunque quelli di creare modelli, simulare tendenze, predisporre scenari e, allo stesso tempo, di visualizzare i risultati. Le realizzazioni più frequenti dei GIS si possono classificare in due tipologie principali di sistemi:

- per la **gestione di beni e risorse**, come reti tecnologiche, catasti, dati patrimoniali ecc.;
- per la **pianificazione territoriale** e il sostegno alle decisioni connesse alla gestione del territorio, come stesura di piani urbanistici, valutazioni di impatto ambientale ecc.

I sistemi GIS possono essere utilizzati nelle più svariate applicazioni: in *agricoltura*, nelle *Amministrazioni* pubbliche, nelle aziende che gestiscono le *reti tecnologiche*, nella protezione civile, nell'ambito della progettazione di *infrastrutture*, nel settore dei *trasporti* e delle *telecomunicazioni* ecc.

Un sistema GIS, tuttavia, non è un sistema decisionale automatico, ma piuttosto un efficace strumento per interrogare, analizzare e visualizzare dati a **supporto** del processo decisionale. In questo senso, sia che si debbano individuare luoghi per insediare attività industriali, scoprire il percorso ottimale per un veicolo o individuare il terreno migliore per una particolare coltura, un sistema GIS consente di realizzare questi obiettivi più rapidamente, in modo migliore e più economico, migliorando l'organizzazione e la gestione delle risorse. In questo senso è illuminante lo slogan col quale si sintetizzano i precedenti concetti: «migliori informazioni conducono a migliori decisioni».

■ Componenti di un sistema GIS

Si parla di **sistema** in quanto un GIS è costituito da un insieme di elementi che **interagiscono** tra loro.

Essenzialmente un sistema GIS comprende i seguenti componenti (► FIGURA 7).

- **Hardware**: è la piattaforma informatica su cui le applicazioni GIS possono lavorare; può essere costituito da un semplice PC, ma più propriamente da più potenti workstation, fino a grossi sistemi di calcolo. Spesso tale componente

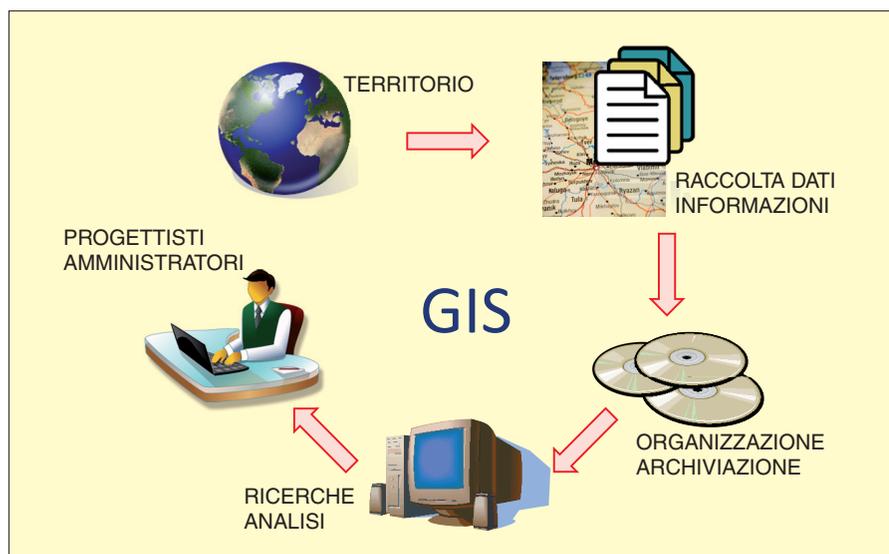


FIGURA 7 I componenti di un Sistema Informativo Geografico.

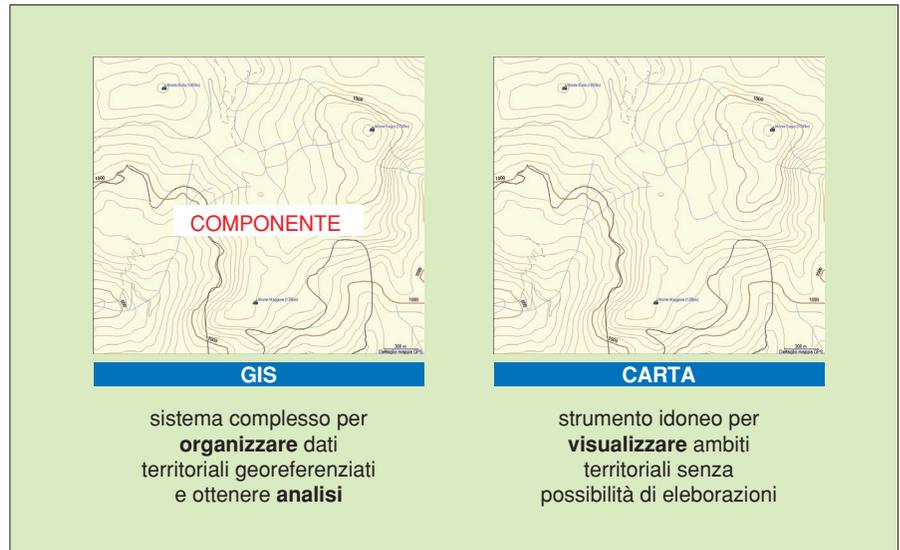
comprende anche *periferiche* per l'input/output dei dati, quali *digitalizzatori*, *scanner*, *stampanti*, *plotter*.

- **Software:** sono algoritmi informatici diversificati in base alle richieste dei sistemi. Questo componente è il «motore» del sistema, in quanto ne garantisce gran parte della funzionalità e permette di realizzare procedure specifiche in diversi ambiti. Si tratta di programmi applicativi per dati sia di tipo vettoriale, sia di tipo raster con la funzione di:
 - inserimento e trattamento delle informazioni geografiche;
 - gestione del *database* (DBMS);
 - ricerca, analisi e visualizzazione;
 - interfacce grafiche di accesso agli utenti.
- **Dati grezzi:** costituiscono, ovviamente, la componente più rilevante dei sistemi GIS, non solo perché includono il contenuto informativo, ma anche per il costo della loro acquisizione; in effetti sono la componente più significativa del costo complessivo del sistema. I dati geografici sono gli elementi territoriali e sono costituiti dalle seguenti tre componenti:
 - **posizionale** (geometrica), che descrive la forma e la posizione dell'oggetto strutturato in *punti*, *linee*, *superfici* o *pixel* (nel caso di dati raster);
 - **descrittiva**, dunque alfanumerica, che esprime il valore di una grandezza e si realizza in una serie di *informazioni* che esprimono le caratteristiche degli oggetti;
 - **topologica**, che esprime la relazione tra gli oggetti.
- **Database:** sono strutture logiche che *raccolgono* e *organizzano* al proprio interno i *dati* e le *informazioni* caricate, e che attraverso appositi moduli di collegamento permettono al software del sistema GIS di utilizzarli. Possono essere sviluppate all'interno del software del sistema GIS o agire autonomamente all'esterno di esso, con la funzione della *gestione* e dell'*aggiornamento* degli archivi.

I sistemi GIS possono attingere a molteplici fonti di informazioni, tra queste segnaliamo quelle:

- da **cartografia esistente**, in particolare:
 - da **cartografia di base:** edifici, strade, limiti comunali e provinciali, idrografia, vegetazione, aree protette, zone umide, particelle catastali, limiti censuari, toponomastica ecc.;

FIGURA 8 Una cartografia non deve essere confusa con un sistema GIS, infatti essa rappresenta solo uno dei componenti di un sistema assai più complesso.



- da **carte tematiche e tecniche**: piano regolatore, reti tecnologiche (gas, acqua, telefono,...), trasporti, segnaletica, pavimentazione stradale, topografia ecc.;
- da **carte socio-economiche**: dati censuari e demografici, prodotti di consumo, servizi finanziari, sanità, beni immobili, telecomunicazioni, strutture di soccorso; servizi di trasporto ecc.;
- da **cartografia generale**: cartografia nazionale, immagini satellitari ecc.;

- da **banche dati** già esistenti;
- da rilievi **topografici** tradizionali;
- da misure satellitari **GPS**;
- da rilievi **aerofotogrammetrici**;
- da immagini **satellitari**.

■ Cosa non è un sistema GIS

Uno degli errori più frequenti nel valutare tali sistemi è quello di confondere i GIS con una o più delle sue componenti tecnologiche prima elencate.

In effetti è comune la tendenza a identificare un sistema GIS con una delle sue componenti elementari, prima tra tutte, la **piattaforma cartografica**. In realtà esso non è una *cartografia*, né tradizionale, né numerica, ma la *piattaforma cartografica* è unicamente e semplicemente uno dei punti di partenza nella realizzazione di un sistema GIS (► FIGURA 8).

6. Tipi di rappresentazione

I sistemi GIS agiscono sulla base di due diversi modelli o tecniche di rappresentazione del territorio: il modello *raster* e il modello *vettoriale* (► FIGURA 9).

Con la tecnica **raster (immagini)** il territorio viene rappresentato attraverso una **matrice di celle** di forma quadrata dette **pixel**. A ciascun *pixel* sono associate le

FAQ

► **Nei sistemi GIS la componente hardware è costituita solo da computer?**

No, in generale tale componente comprende anche periferiche di input/output quali scanner, digitalizzatori, stampanti, plotter.

FAQ

► **La cartografia IGM è un GIS?**

No, la cartografia IGM (come qualsiasi altra cartografia) può essere utilizzata nel contesto di un sistema GIS, ma come un semplice componente di un sistema ben più complesso e compiuto.

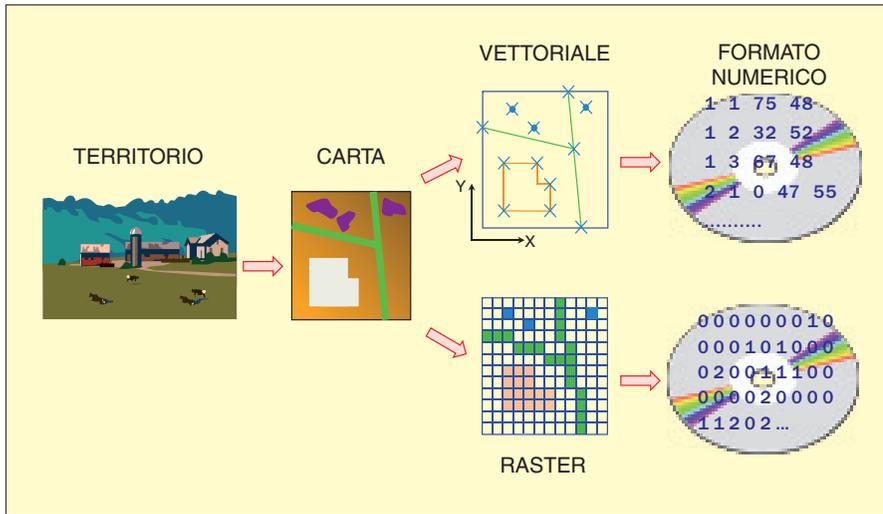


FIGURA 9 Modalità di memorizzazione di una carta con tecnica raster (immagine) e tecnica vettoriale (disegno).

informazioni relative a ciò che esso rappresenta sul territorio. Questo modello di rappresentazione si presta bene a gestire sistemi basati su immagini *satellitari* o immagini ottenute tramite *scanner* di cartografia tradizionale (►FIGURA 10a).

La tecnica **vettoriale (disegni)**, propria dei sistemi CAD, è utilizzata per descrivere elementi e manifestazioni di tipo «discontinuo». Con questa tecnica il territorio viene rappresentato utilizzando gli elementi propri della *cartografia numerica* (punti, linee o segmenti, aree). Un punto viene individuato in un sistema informativo geografico attraverso le sue coordinate reali (E_1, N_1, Q_1); una linea o un poligono attraverso la posizione dei suoi vertici ($E_1, N_1, Q_1; E_2, N_2, Q_2; \dots$) (►FIGURA 10b). A ciascun elemento è associato un **record** (insieme di **campi** contenenti informazioni) del *database* informativo.

I dati vettoriali hanno tre proprietà fondamentali:

- **geometria**: rappresentazione cartografica degli oggetti come la loro forma e la loro posizione;

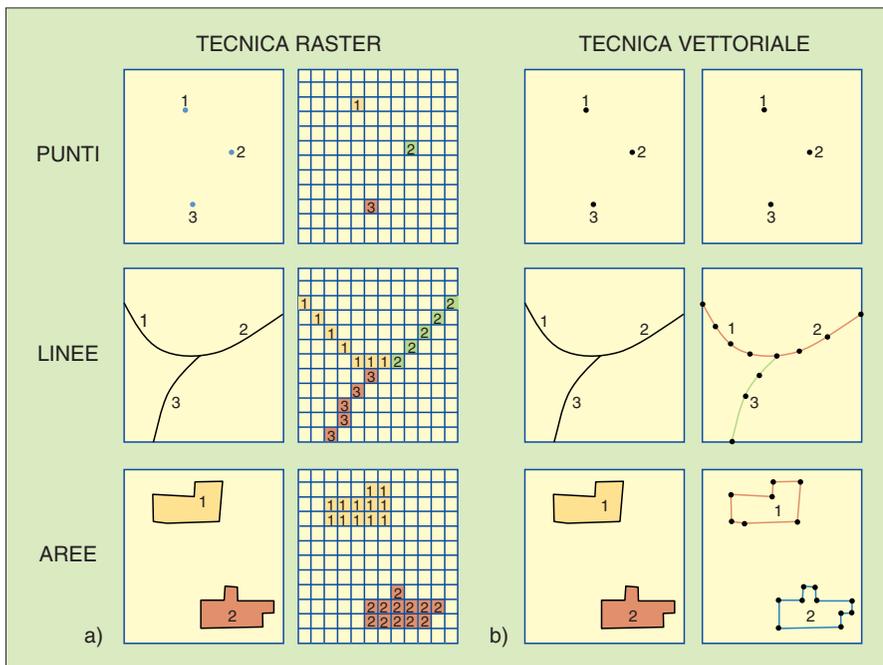


FIGURA 10 Modalità di rappresentazione degli elementi geometrici di base (punto, linea, area) in formato raster (a) e in formato vettoriale (b)

FAQ

► **Cos'è la tecnica di rappresentazione raster?**

È una tecnica di rappresentazione con la quale il territorio viene rappresentato attraverso una matrice di celle di forma quadrata dette pixel.

FAQ

► **Cos'è la topologia?**

È quella parte della matematica che ha il compito di studiare le *connessioni* e le *adiacenze* di elementi geometrici come punti, linee e aree.

- **topologia:** relazioni reciproche tra gli oggetti (connessione, adiacenza, inclusione ecc.);
- **informazioni:** connesse ai dati (numerici, testuali ecc.) associati a ogni oggetto e in genere usate per rappresentare dati «discreti», come:
 - l'ubicazione dei cassonetti dei rifiuti di una città;
 - la rappresentazione delle strade;
 - una carta dell'uso del suolo.

La *topologia*, citata in precedenza, è la disciplina che si occupa di *connessione* e *adiacenza* di elementi geometrici come punti, linee e aree; essa permette, pertanto, di analizzare le relazioni spaziali fra dati geografici. Una **struttura dati topologica** determina esattamente come e dove sono connessi punti e linee su una carta numerica per mezzo di collegamenti logici, detti **nodi**.

7. Funzionamento dei sistemi GIS

I sistemi GIS registrano le informazioni in una struttura a più livelli *informativi* (o *tematici*) detti **layer**, ciascuno contenente un singolo tematismo e visualizzati sullo schermo geometricamente da punti, linee o aree, come mostrato dalla ► FIGURA 11.

Sfruttando l'organizzazione a *layer*, i sistemi GIS posseggono la capacità di effettuare l'*analisi* delle *relazioni* spaziali tra gli **attributi** (informazioni collegate al dato geografico) del *database* e il collegamento di questi con la parte cartografica, quindi di rappresentare un modello del territorio.

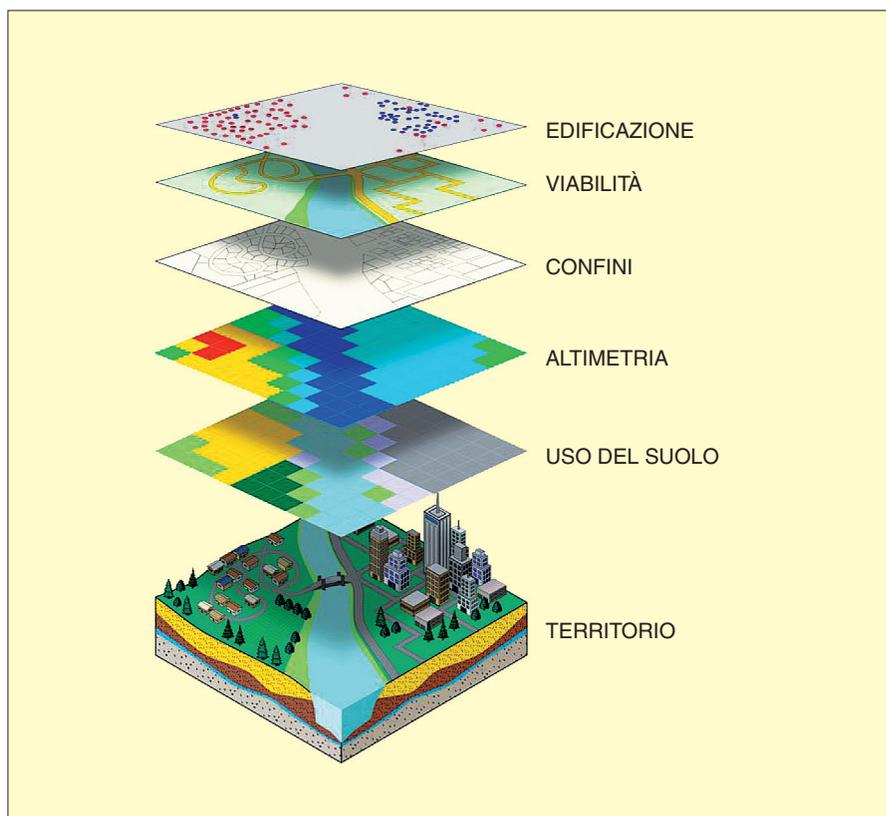


FIGURA 11 Struttura a livelli (*layer*) di un sistema GIS; ogni livello contiene un determinato tematismo.

Un sistema GIS, in sintesi, rende disponibili le seguenti funzionalità di base:

- **archiviazione** di dati provenienti da fonti e tecniche diversificate previa loro trasformazione e omogeneizzazione;
- **organizzazione** dei dati acquisiti (punto precedente) e memorizzazione dei loro *attributi* grafici, topologici e alfanumerici;
- **selezione e ricerca** spaziale di oggetti mediante *interrogazioni* sulle loro componenti geometriche e/o alfanumeriche;
- disponibilità di operatori per **elaborazioni** e **analisi** spaziali sul database, con la possibilità di generazione di ulteriori nuove informazioni a partire da quelle memorizzate;
- **visualizzazione** delle informazioni e produzione di elaborati in uscita;
- generazione di **modelli digitali** del terreno (DTM).

Per garantire l'efficienza dei sistemi GIS è necessaria una generale *uniformazione* dell'organizzazione dei dati e il riferimento a un medesimo **sistema di riferimento cartografico**. Inoltre la descrizione delle informazioni connesse alle entità geometriche deve essere *codificata*, cioè basata su termini e *simbologie* convenzionalmente adottati, in modo che non sia necessario, nell'interscambio di *database* prodotti da enti diversi, ricorrere a una ricodifica dei termini e dei simboli utilizzati.

Riassumendo, in estrema sintesi, possiamo dire che:

- un sistema GIS comprende un software applicativo in grado di visualizzare, sovrapporre, confrontare e analizzare diverse rappresentazioni riportanti diversi **temi** relativi a un determinato territorio e un determinato fenomeno a esso connesso, assicurando la corrispondenza delle *coordinate* cartografiche, della *scala* e quindi delle *distanze* (► FIGURA 13b);
- le rappresentazioni tematiche possono essere **immagini** (foto aeree e satellitari o prodotte da scanner), oppure **disegni** (punti, linee, curve di livello, limiti amministrativi ecc., prodotti da sistemi CAD);
- un sistema GIS registra la posizione del dato territoriale impiegando un sistema di posizionamento **cartografico cartesiano** (E, N, Q espresse in metri) o **geografico** (φ, λ , cioè latitudine e longitudine);
- gli elementi delle *immagini* e dei *disegni* sono associati a **tabelle** di dati e quindi informazioni, che consentono ricerche sofisticate, elaborazioni e analisi, con le visualizzazioni finali dei risultati.

■ Archiviazione e trasformazione dei dati

Prima di poter utilizzare le informazioni geografiche in un sistema informativo GIS, i relativi dati devono essere *convertiti* e *archiviati* in un adeguato formato digitale. La procedura di conversione dei dati da carte tradizionali su supporto cartaceo ai file digitali è detta **digitalizzazione**.

La tecnologia dei sistemi GIS consente di rendere *automatico* questo processo utilizzando *scanner* e software di *vettorializzazione*. È anche possibile ricorrere alla digitalizzazione manuale tracciando gli elementi della carta su *tavolette digitalizzatrici* di grande formato.

Tuttavia, con l'affermarsi della **cartografia numerica**, sempre più frequentemente i dati geografici sono già disponibili in *formato digitale*, e possono essere acquisiti da fornitori specifici (IGM, Regioni) e archiviati direttamente nel sistema GIS.

I dati utili al funzionamento di una specifica indagine GIS necessitano di essere *trasformati* per renderli compatibili con il sistema; per esempio, può essere necessario trasformare coordinate cartografiche UTM in coordinate cartografiche nel sistema Gauss-Boaga.

FAQ

► **Cos'è un record?**

È una singola riga di informazioni strutturata in diversi spazi di diversa ampiezza detti campi. Un certo numero di record formano una tabella del *database*.

FAQ

► **Come avviene il collegamento tra le diverse tabelle di un database relazionale?**

Tramite alcuni *campi* comuni (stesso nome, stesso spazio, stesso tipo di informazione) dei record delle diverse tabelle, che sono detti chiave di relazione.

Organizzazione dei dati

Un sistema GIS, come più volte detto, consente di **collegare dati cartografici** (spaziali) alle informazioni alfanumeriche, contenute in un *database*, che caratterizzano gli oggetti presenti nella rappresentazione cartografica (componente tematica del GIS).

In effetti, si è prima accennato alla circostanza che i dati di un sistema GIS vengono archiviati e organizzati in un *database* di tipo **relazionale**, in generale indicato con la sigla DBMS, che consente, in tale contesto, una efficace gestione delle informazioni.

Un DBMS è un software per la gestione del *database*; esistono molti modelli di DBMS, tra essi quello **relazionale**, citato in precedenza, è senza dubbio il modello più utilizzato.

In esso le informazioni sono memorizzate come una raccolta di **tabelle**, contenenti una riga per ciascun dato (il **record**), e ogni riga, a sua volta, contiene un numero, più o meno elevato, di spazi, di diversa entità, detti **campi**, che contengono le informazioni (► FIGURA 12). Alcuni *campi* comuni (stesso nome, stesso spazio, stesso tipo di informazione) dei record tra le diverse **tabelle** sono utilizzati come **chiave di relazione** e ne consentono il **collegamento**, da cui il nome di *database relazionale*.

Selezione e ricerca nei sistemi GIS

È possibile «interrogare» un sistema GIS contenente informazioni geografiche tramite quesiti (**query**), semplici o complessi, del tipo:

- Qual è la distanza tra due punti?
- Qual è l'area di una particella?
- Quante utenze gas sono presenti in un fabbricato?
- Quali sono le zone a destinazione industriale in una certa porzione di territorio?
- Quali sono le aree più idonee per edificare un nuovo ospedale? E così via.

In definitiva i sistemi GIS consentono sia semplici *ricerche*, e conseguenti *selezioni*, sia sofisticate analisi per fornire informazioni esaurienti a progettisti e analisti.

Analisi nei sistemi GIS

La tecnologia dei sistemi GIS mostra tutte le sue potenzialità quando viene utilizzata nell'elaborazione e nell'**analisi** delle informazioni connesse al territorio

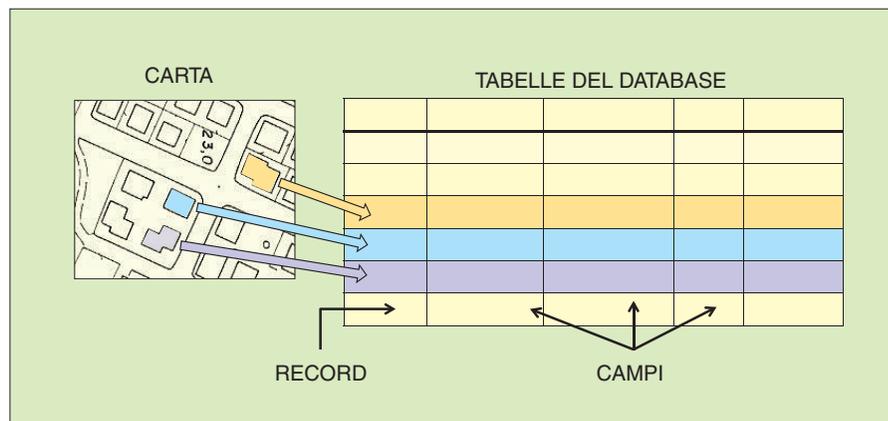
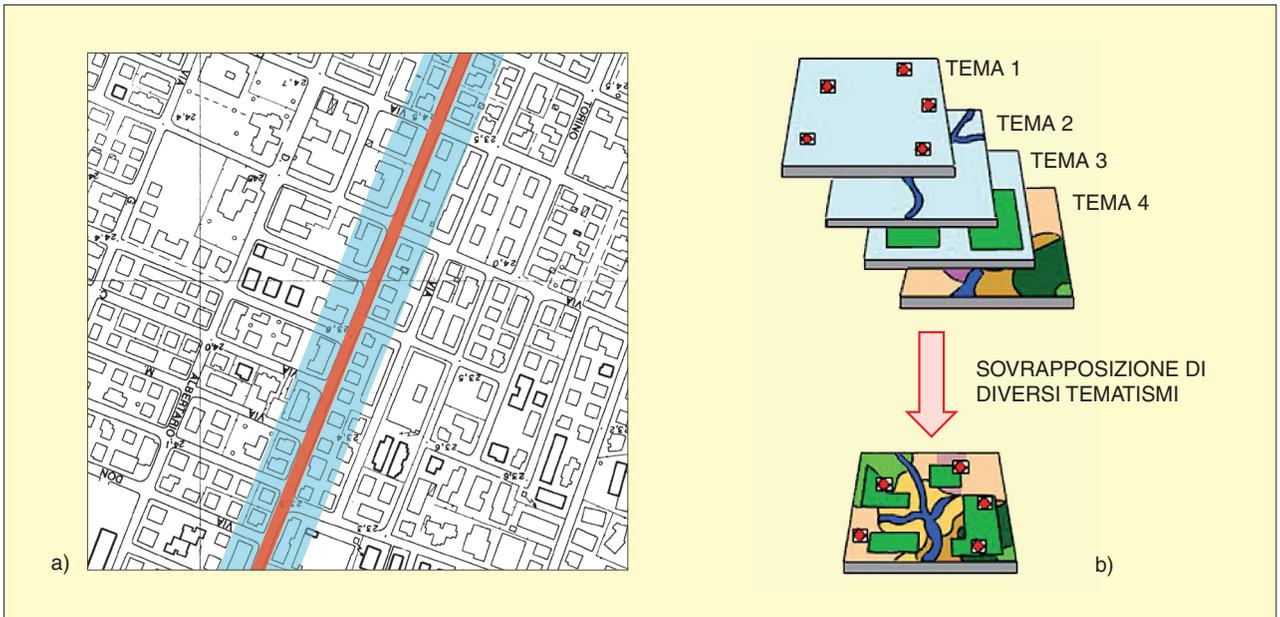


FIGURA 12 Struttura a record di campi nelle tabelle contenenti i dati in un *database* di tipo relazionale.



allo scopo di creare **modelli**. Particolarmente utili sono le seguenti due modalità di intervento.

- **Analisi di prossimità** (► FIGURA 13a): danno risposta, per esempio, a quesiti del tipo:
 - Quante industrie si trovano all'interno di 200 metri dalla fognatura?
 - Con quale proporzione la coltivazione di mais è presente entro 1 km?
 - Quante fermate di autobus vi sono in un certo tratto di strada?
- **Analisi overlay** (► FIGURA 13b): la funzione di *overlay* consiste nel *sovrapporre* e *intersecare* diversi **livelli informativi** (*layer*) relativi a diversi tematismi. L'integrazione di diversi livelli di informazioni richiede un processo che prevede l'*incrocio* di dati, denominato appunto *overlay*. La possibilità di **sovrapporre** carte con diversi tematismi, che riportano, per esempio, informazioni sulla geomorfologia, sulla copertura vegetale, sulla pendenza dei terreni o altro, permette, per esempio, di determinare le zone potenzialmente predisposte al dissesto. Con esso possono essere integrati i dati relativi ai suoli, pendenze e vegetazione, oppure è possibile incrociare la proprietà del terreno con gli accertamenti patrimoniali.

FIGURA 13 a) Schema di ricerca e analisi di prossimità relativo all'ipotetica richiesta «quante utenze gas/acqua sono presenti a meno di 30 m (fascia ciano) da una strada?». b) Schema di analisi per sovrapposizione *overlay*.

■ Visualizzazione

Per molti tipi di operazioni geografiche il risultato finale è rappresentato in modo ottimale come **mappa** o **grafico**. Le mappe sono ritenute il prodotto finale più efficiente per memorizzare e comunicare informazioni di tipo **geografico**.

La rappresentazione su *mappe* può poi essere integrata con *rapporti* (*report*), *viste tridimensionali*, *immagini*, *diagrammi* e altre rappresentazioni *multimediali*.

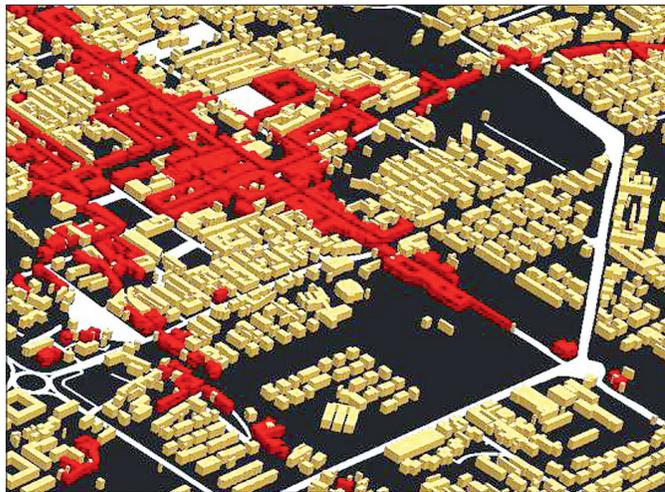
8. I prodotti finali dei sistemi GIS

I sistemi GIS costituiscono uno strumento efficace per qualsiasi attività connessa al territorio; in questo senso essi possono fornire numerose tipologie di risultati, con formati estremamente flessibili. Tra questi segnaliamo i seguenti.

FIGURA 14 Esempio di mappa tridimensionale (Gioia Tauro, RC) prodotta da un sistema GIS.



FIGURA 15 Esempio di mappa tridimensionale prodotta da un sistema GIS.



- **Produzione di mappe statiche o interattive** (► FIGURE 14, 15): si tratta di procedure assai flessibili in relazione a quelle che caratterizzano la produzione di *cartografia tradizionale* cartacea. Come in tutti i casi, anche tale procedura inizia con la creazione del *database*, digitalizzando carte tradizionali o utilizzando i file della cartografia numerica, e caricando tutte le informazioni numeriche e alfanumeriche connesse.
 - Possono essere **circoscritte** alla zona di territorio interessata all'indagine, possono essere stampate in qualsiasi **scala** e possono visualizzare solo le informazioni selezionate dall'utente, con la simbologia convenzionale più opportuna in modo da **evidenziare** solo gli aspetti utili e necessari in un determinato contesto, dunque con un alto grado di flessibilità.
 - Si possono ottenere *mappe statiche* come prodotto finale, non modificabile, della ricerca e dell'analisi comandata al sistema GIS; oppure *mappe interattive* che consentono all'utilizzatore di modificare e ottimizzare la ricerca in funzione dei risultati parziali forniti dal sistema.
 - Le mappe possono poi essere *bidimensionali*, come nella cartografia tradizionale cartacea, oppure *tridimensionali*, talvolta corredate di effetti *multimediali* (animazioni, suoni, video ecc.).
- **Ricerche geografiche:** l'attitudine, dei sistemi GIS, di archiviare dati organizzandoli e strutturandoli, e di eseguire su di essi *ricerche* proposte dall'utente (*query*), consente di rendere rapida, efficiente e molto economica la ricerca

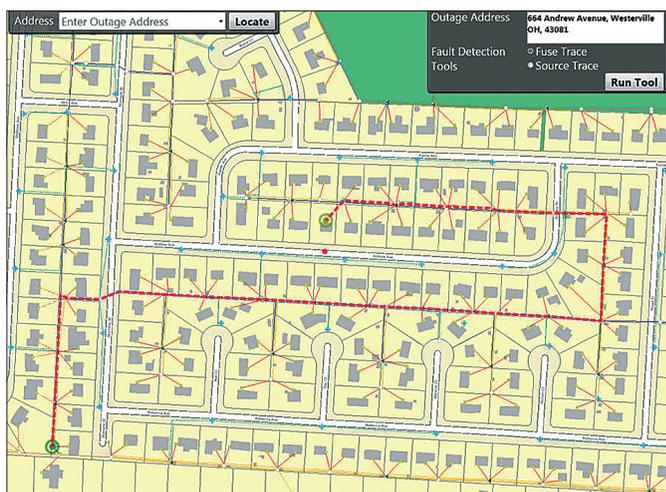


FIGURA 16 Visualizzazione a schermo di una mappa interattiva per la rappresentazione di reti tecnologiche.

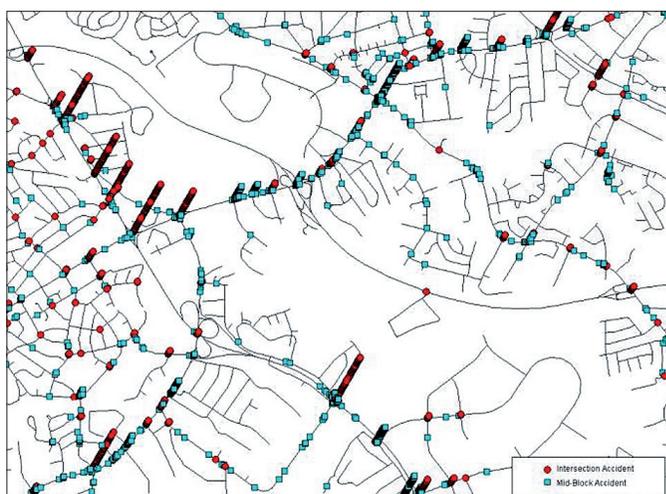


FIGURA 17 Mappa della viabilità in una zona di territorio con evidenziate le posizioni, il numero e il tipo di incidenti stradali.

stessa (► FIGURE 16, 17). In definitiva i sistemi GIS consentono, per esempio, di:

- razionalizzare la gestione dei mezzi di trasporto di un'azienda attraverso una migliore logistica;
 - ottimizzare la localizzazione di un insediamento industriale;
 - localizzare il terreno più idoneo a una data coltura;
 - individuare il percorso stradale più breve tra due località.
- **Supporto alle scelte:** un sistema GIS, come già sottolineato in precedenza, non è un sistema che possa di per sé generare *scelte* in modo *automatico*, ma è uno strumento che deve essere **interrogato** per fornire analisi e visualizzare informazioni a sostegno del processo decisionale. Questa tecnologia, pertanto, permette di ottenere agevolmente e rapidamente risposte e rapporti relativi a diverse ipotesi progettuali, con il **raffronto** di tali risultati, in modo da facilitare la *valutazione* e la scelta di progettisti, imprenditori, amministratori pubblici.
 - **Ottimizzazione delle organizzazioni:** la consultazione sistematica di un sistema informativo GIS all'interno di una organizzazione complessa (pubblica o privata che sia), consentendo di mettere in relazione e collegare differenti insiemi di informazioni tramite i riferimenti geografici (cartografici), permette la condivisione delle informazioni tra le **diverse divisioni** dell'organizzazione, e favorisce la comunicazione e la collaborazione tra le stesse divisioni, ottimizzando l'efficienza della organizzazione stessa.

- Le carte della vegetazione sono dette *fisionomiche* se riportano le specie vegetali prevalenti, *forestali* se riportano lo stato di conservazione dei boschi, *fitosociologiche* se riportano i raggruppamenti delle piante secondo diversi parametri.

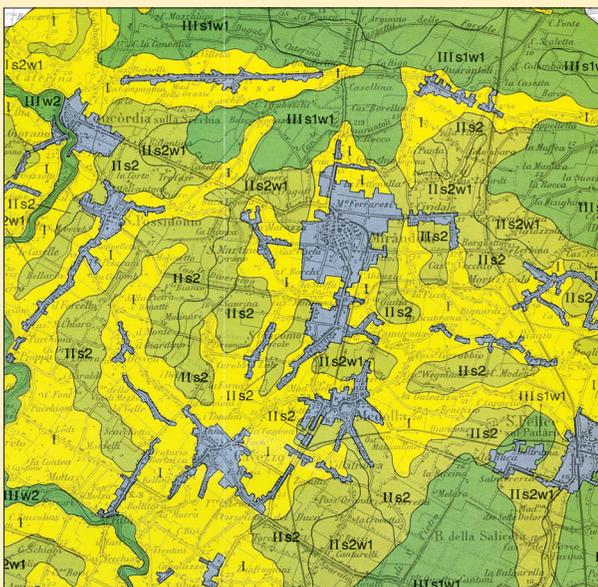
Carte dei suoli: *carte tematiche di base* sulle quali è riportata la *distribuzione*, la *classificazione* e la *descrizione* dei suoli in base a caratteristiche *permanenti* o *difficilmente mutabili* quali la profondità, la composizione chimico-fisica, la disponibilità di ossigeno per le radici delle piante, ecc.

- Il metodo di classificazione dei suoli più utilizzato è il sistema Soil Taxonomy elaborato dal Dipartimento dell'Agricoltura degli USA.

Carte dell'attitudine dei suoli: *carte tematiche di sintesi* che utilizzano come cartografia di base la carta dei suoli. Il territorio viene diviso in *unità cartografiche* che raggruppano i terreni secondo il diverso grado di *predisposizione alla coltivazione* di una certa coltura.

- Le *unità cartografiche* di territorio vengono delimitate in base alle caratteristiche riportate sulla carta di base.
- La definizione del *livello di predisposizione* viene effettuata sulla base dei *fattori ambientali* che influenzano la *crescita* di una data pianta.

Carte della capacità d'uso dei suoli: *carte tematiche di sintesi* che derivano dalla carta dei suoli. Il territorio viene diviso in *unità cartografiche* che raggruppano i terreni secondo la loro *diversa attitudine alla coltivazione* delle *piante diffuse* in una certa zona e senza che il suolo si degradi.



Particolare di una carta della capacità d'uso dei suoli.

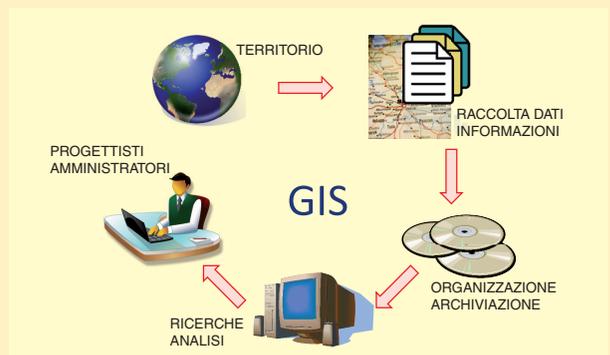
- I suoli vengono aggregati anche in *classi* che indicano il livello di limitazione e *sottoclassi* che indicano il tipo di limitazione.

Carte dell'uso reale del suolo: *carte tematiche di base*, redatte per ambiti locali, sulle quali sono riportate la *distribuzione* e l'*estensione* delle *colture agrarie*, dei *boschi*, delle *aree urbanizzate* e delle *acque superficiali*.

Cartografia numerica: è costituita da un insieme organizzato di *coordinate* memorizzato in un *file*. A queste coordinate è poi associato un *codice di categoria* e un *codice di visualizzazione*. L'insieme dei dati è organizzato in una *forma logica* che consente di ricostruire e visualizzare (sul video o su carta) con elaborazioni successive al computer, sia le informazioni geometriche sia quelle qualitative.

- Mentre la carta tradizionale è costituita da un disegno *esplicito* da cui, tramite la *parametratura*, si ricavano le coordinate dei punti, quella numerica è, all'origine, un insieme di coordinate dalle quali si può ottenere il disegno *implicito*.

Sistema informativo GIS (Geographical Information System): è un sistema informatico che permette l'*acquisizione*, la *memorizzazione*, l'*analisi*, la *visualizzazione* e la *restituzione* di informazioni derivanti da dati *geografici* (in quanto per essi è possibile stabilire una precisa localizzazione sulla superficie terrestre), e a *eventi* che esistono e si verificano sul territorio.



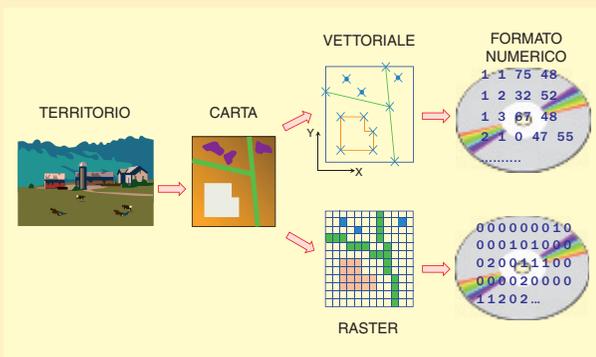
Georeferenziare le informazioni significa attribuire a ogni elemento le sue corrette coordinate spaziali relative a un opportuno sistema di riferimento (Gauss-Boaga, UTM ecc.) in cui realmente è collocato l'oggetto sul territorio.

Componenti di un sistema GIS: si parla di sistema in quanto un GIS è costituito da un insieme di elementi che interagiscono tra loro. Essenzialmente un sistema GIS comprende i seguenti componenti:

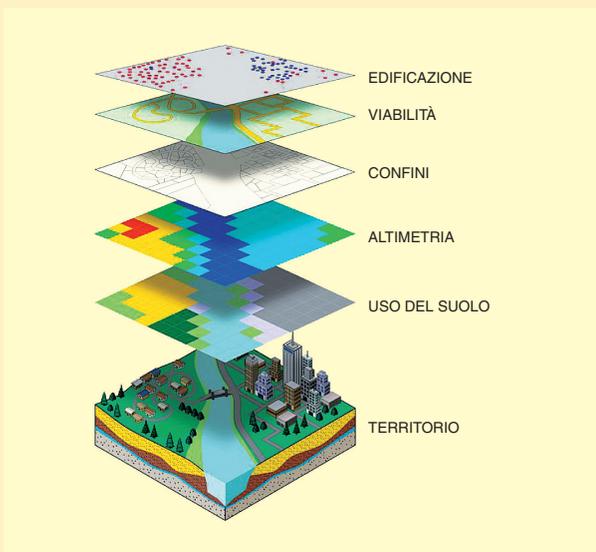
- hardware;
- software;
- dati grezzi;
- database.

I sistemi GIS agiscono sulla base di due diversi modelli di rappresentazione del territorio.

- Con la tecnica *raster* (*immagini*) il territorio viene rappresentato attraverso una *matrice di celle* di forma quadrata dette *pixel*. È utilizzata per descrivere fenomeni di tipo «continuo».
- La tecnica *vettoriale* (*disegni*), propria dei sistemi CAD, è utilizzata per descrivere elementi e manifestazioni di tipo «discontinuo». Con questa tecnica il territorio viene rappresentato utilizzando gli elementi propri della *cartografia numerica* (punti, linee o segmenti, aree).



Funzioni dei sistemi GIS: sono quelle di effettuare l'*analisi* delle *relazioni* spaziali tra gli attributi del *database*



se e il collegamento di questi con la parte cartografica. Un sistema GIS, in sintesi, rende disponibili le seguenti funzionalità di base:

- *archiviazione* dei dati;
- *organizzazione* dei dati e memorizzazione dei loro *attributi* grafici, topologici e alfanumerici;
- *selezione e ricerca* spaziale di oggetti mediante *interrogazioni* sulle loro componenti geometriche e/o alfanumeriche;
- *elaborazioni e analisi* spaziali sul database, con la possibilità di generare ulteriori nuove informazioni a partire da quelle memorizzate;
- *visualizzazione* delle informazioni e produzione di elaborati in uscita.

DBMS: è un software per la gestione del *database*; esistono molti modelli di DBMS, tra essi quello *relazionale* è il modello più utilizzato.

In esso le informazioni sono memorizzate come una raccolta di *tabelle*, contenenti una riga per ciascun dato (il *record*), e ogni riga, a sua volta, contiene un numero, più o meno elevato, di spazi detti *campi*, che contengono le informazioni. Alcuni *campi* comuni (stesso nome, stesso spazio, stesso tipo di informazione) dei record tra le diverse *tabelle* sono utilizzati come *chiave di relazione* e ne consentono il collegamento.

Tipologie di risultati da un sistema GIS: i risultati ottenibili da un sistema GIS sono estremamente flessibili; tra questi segnaliamo i seguenti.

- *Produzione di mappe:* con modalità più flessibili rispetto a quelle che caratterizzano la produzione di *cartografia tradizionale* cartacea.
- *Ricerche geografiche:* i sistemi GIS, consentono di rendere rapida, efficiente e molto economica la ricerca in base a interrogazioni formulate dall'utente.
- *Supporto alle scelte:* un sistema GIS deve essere interrogato per fornire analisi e visualizzare informazioni a sostegno del processo decisionale. Questa tecnologia consente il *raffronto* dei risultati in modo da facilitare la valutazione e la scelta da parte di progettisti, imprenditori, amministratori pubblici.
- *Ottimizzazione delle organizzazioni:* l'utilizzo di un sistema informativo GIS all'interno di una organizzazione consente la condivisione delle informazioni tra le diverse *divisioni* dell'organizzazione, favorisce la comunicazione e la collaborazione tra le stesse divisioni, ottimizzando l'efficienza della organizzazione stessa.

Autovalutazione

A. Verifica delle conoscenze

QUESITI VERO/FALSO

- | | V | F |
|--|--------------------------|--------------------------|
| 1 Ogni carta tematica è una carta derivata | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2 La carta geologica d'Italia dell'IGM è stata redatta in scala 1:100 000 | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 3 Le carte idrogeologiche rappresentano l'evoluzione paesaggistica di una zona della superficie terrestre | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 4 Le carte fisionomiche della vegetazione riportano le specie vegetali prevalenti di una certa zona | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 5 La carta dei suoli rappresenta anche la granulometria e la salinità del suolo di un dato territorio | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 6 La carta della capacità d'uso dei suoli classifica soltanto terreni che possono essere soggetti a colture agricole | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 7 La carta dell'uso reale del suolo non rappresenta le aree urbanizzate e le acque superficiali | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 8 La cartografia numerica archivia solo dati numerici | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 9 La sigla CND è relativa a una carta numerica i cui dati sono ottenuti da strumenti topografici | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 10 Nella cartografia numerica il disegno del territorio non è in forma esplicita | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 11 La cartografia numerica talvolta è indicata con la sigla GIS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 12 I sistemi GIS sono legati a oggetti e fenomeni presenti sul territorio | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 13 I sistemi GIS sono costituiti da un unico componente di tipo informatico | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 14 Analizzare dati è solo una delle funzioni di un sistema GIS | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 15 Georeferenziare un oggetto significa attribuirgli le sue coordinate relative a un opportuno sistema di riferimento | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

- 16** I DBMS sono strutture logiche che raccolgono e organizzano al proprio interno dati
- 17** I pixel sono l'elemento elementare di un disegno in formato vettoriale
- 18** I record di un *database* sono costituiti da un certo numero di campi con la stessa dimensione
- 19** Le tabelle di un DBMS sono costituite da un certo numero di record
- 20** Le tabelle di un *database* sono collegate logicamente tramite particolari record
- 21** Una *query* è una interrogazione a un *database* relazionale
- 22** In un sistema GIS i dati sono archiviati in diversi livelli tematici detti *layer*

QUESITI A RISPOSTA SINGOLA

- 23** Come sono redatte le carte tematiche?
- 24** Oltre alla planimetria nel quadro centrale, che cosa viene rappresentato sui lati di un foglio della carta geologica d'Italia?
- 25** Oltre alle forme che caratterizzano il paesaggio di un territorio, che cosa viene rappresentato nelle carte geomorfologiche?
- 26** Illustra i principali parametri in base ai quali vengono redatte le carte idrogeologiche.
- 27** Che cosa evidenziano le carte della vegetazione potenziale?
- 28** Descrivi le tre fasi attraverso le quali viene realizzata una carta dei suoli?
- 29** Che cosa indicano le lettere minuscole che caratterizzano le sottoclassi nella carta della capacità d'uso dei suoli?
- 30** Quali informazioni relative a un dato territorio vengono riportate nella carta dell'uso reale del suolo?
- 31** Quali sono le caratteristiche di una carta numerica in relazione a una carta tradizionale?
- 32** Formula la definizione di un sistema informativo GIS.

- 33** In cosa consiste la funzione di georeferenziazione?
- 34** Quali sono i componenti essenziali di un sistema GIS?
- 35** In che modo sono organizzati i dati in un sistema GIS?
- 36** Quali funzioni fondamentali svolge un sistema GIS?
- 37** In cosa consiste un'analisi *overlay* nell'ambito un sistema GIS?

QUESITI A RISPOSTA MULTIPLA

- 38** Quale delle seguenti carte studia la natura di un territorio?
- a carta archeologica
 b carta geologica
 c carta dell'uso reale del suolo
 d carta della vulnerabilità all'inquinamento
- 39** In quale delle seguenti carte tematiche è rappresentata la stabilità di un territorio?
- a carta geologica b carta idrogeologica
 c carta del suolo d carta geomorfologica
- 40** In quale tipo di carta della vegetazione sono riportate le specie vegetali prevalenti in una certa zona?
- a fitosociologica b forestale
 c fisionomica d potenziale
- 41** Indicare quali sono le principali caratteristiche di un territorio che vengono riportate nella carta del suolo
- a chimico-fisiche b paesaggistiche
 c naturalistiche d evolutive
- 42** Nelle classi della carta della capacità d'uso dei suoli vengono raggruppati i terreni che hanno
- a la stessa limitazione
 b lo stesso grado di limitazione
 c lo stesso tipo di limitazione
 d la stessa categoria di limitazione
- 43** In quale tipo di carta tematica vengono delimitate e classificate le aree edificate?
- a carta della capacità d'uso del suolo
 b carta dell'attitudine del suolo
 c carta dell'uso reale del suolo
 d carta del suolo
- 44** Quali delle seguenti caratteristiche non appartiene a una carta numerica?
- a è flessibile
 b è rielaborabile
 c è oggettiva
 d nessuna delle precedenti

- 45** Quale sigla identifica una carta numerica ottenuta per digitalizzazione di una carta tradizionale?
- a CDM
 b CRT
 c CFD
 d nessuna delle precedenti
- 46** Tra le funzioni di un sistema informativo GIS vi è
- a memorizzazione dei dati
 b georeferenziazione dei dati
 c elaborazione e analisi dei dati
 d tutte le precedenti
- 47** Georeferenziare un elemento cartografico significa
- a assegnargli un codice
 b assegnargli le sue coordinate
 c assegnargli un livello tematico
 d tutte le precedenti
- 48** Quale tra i seguenti non è un componente di un sistema GIS?
- a database
 b software
 c ricevitore GPS
 d tutti i precedenti
- 49** Un database cartografico è:
- a una struttura logica di dati
 b un contenitore di dati
 c un file di dati
 d tutte le precedenti
- 50** Un campo in un database è:
- a uno spazio per dati in una tabella
 b uno spazio per i dati in un record
 c uno spazio per il numero del record
 d nessuno dei precedenti
- 51** In un sistema informativo GIS i dati sono organizzati in
- a livelli numerici
 b livelli codificati
 c livelli tematici
 d nessuno dei precedenti

Risultati dei quesiti vero/falso

1F, 2V, 3F, 4V, 5V, 6F, 7F, 8F, 9F, 10V, 11F, 12V, 13F, 14V, 15V, 16V, 17F, 18F, 19V, 20F, 21V, 22V.

Risultati dei quesiti a risposta multipla

38b, 39d, 40c, 41a, 42b, 43c, 44d, 45d, 46d, 47b, 48c, 49a, 50b, 51c.