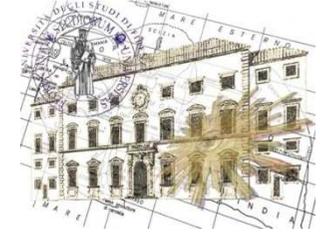




Università degli studi di Firenze
Facoltà di Lettere e Filosofia



TOPOGRAFIA E CARTOGRAFIA

a.a. 2010-2011

8. Cartografia digitale

Camillo Berti

camillo.berti@gmail.com

Argomenti

Aspetti generali

Organizzazione dei dati: strutture, formati, modelli

Cartografia numerica

Database topografici

Cartografia digitale

Dalla cartografia tradizionale realizzata e pensata su supporto cartaceo, negli ultimi decenni, si è passati, attraverso diverse fasi evolutive, alla cartografia digitale, cioè basata su supporti informatizzati.

L'utilizzo dell'informatica e la parallela diffusione dei Sistemi informativi geografici ha determinato una progressiva evoluzione della cartografia digitale da semplice "disegno" del territorio a "dato numerico" utile per il disegno automatico e ad "informazione geografica" (database geografico) utile per attività di analisi spaziale.



Cartografia digitale

L'evoluzione della cartografia su supporto informatizzato ha attraversato diverse tappe (identificate con denominazioni non sempre univoche):

- **cartografia automatizzata**, basata sull'utilizzo di strumenti automatici (elaboratori + software CAD + plotter) per la produzione di cartografia di tipo tradizionale;
- **cartografia numerica**, cioè cartografia gestita attraverso strumenti informatici e basata sulla rappresentazione (strutturata in livelli) degli oggetti del mondo reale corredata dagli attributi che li definiscono;
- **database geografico** (topografico), cioè un "contenitore" di dati geografici, organizzati secondo uno schema predefinito, adatto ad essere consultato, analizzato, elaborato per ogni possibile applicazione.

Con altra terminologia, oggi forse un po' meno utilizzata rispetto a qualche anno fa, si può distinguere tra cartografia *Map oriented* e cartografia *GIS oriented*.

Contenuti della cartografia digitale

L'utilizzo di applicazioni informatiche, oltre a semplificare il lavoro di produzione della cartografia e ad aumentarne notevolmente il potenziale conoscitivo, ha imposto nuovi modelli di interpretazione (e descrizione) del mondo reale:

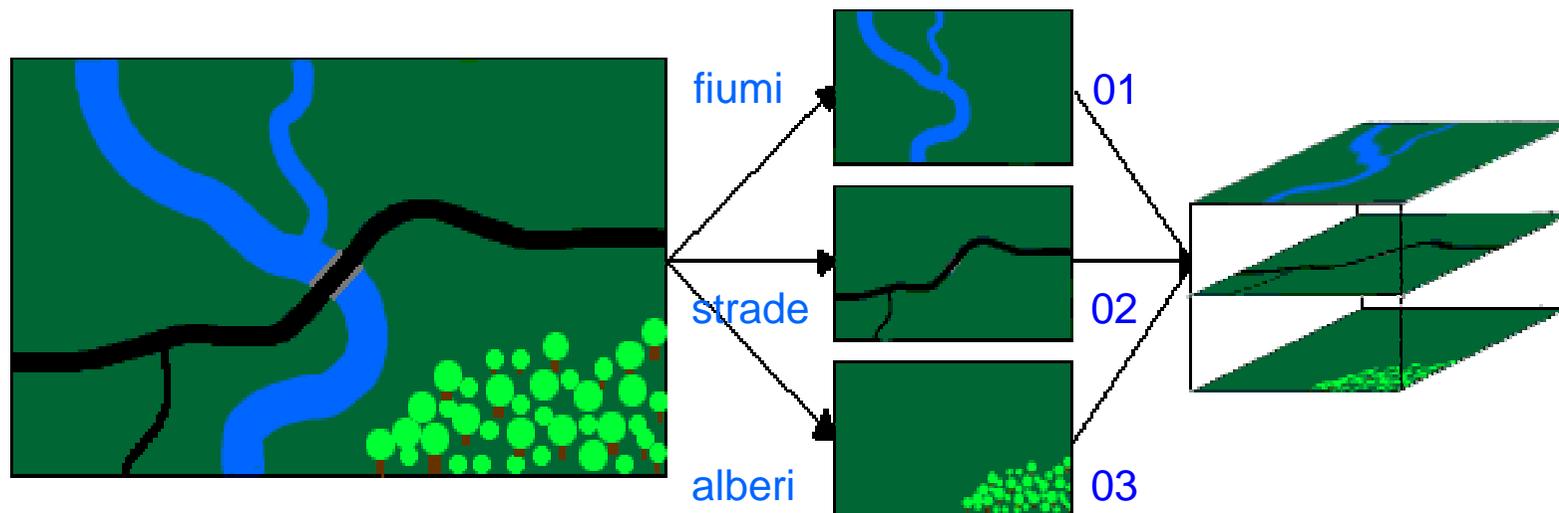
- nella cartografia tradizionale, è l'utente che interpretando i simboli grafici deduce l'informazione geografica (**contenuto associativo**) che la cartografia veicola, attraverso un processo mentale detto sintesi associativa;
- nella cartografia numerica, dove l'utilizzo di un elaboratore rende inapplicabile la sintesi associativa, il contenuto informativo della cartografia è suddiviso in due componenti distinte:
 - **contenuto cartografico**, cioè la rappresentazione degli elementi del mondo reale
 - **contenuto strutturale**, cioè l'informazione geografica veicolata dalla cartografia

Livelli

Nella cartografia digitale, gli oggetti del mondo reale sono classificati e organizzati in numero finito di livelli (o strati informativi o *layers*) separati, ciascuno relativo ad un determinato tematismo (insieme di oggetti geografici della stessa natura; ad esempio: strade, fiumi, laghi, edifici, alberi, etc.).

Ciascun livello è identificato attraverso un codice che ne permette individuazione e classificazione ed è descritto attraverso una serie di attributi che lo definiscono.

I layers, che rappresentano una scomposizione del mondo reale per categorie tematiche, sono tra loro sovrapponibili in quanto georeferenziati; si possono analizzare le relazioni spaziali reciproche.

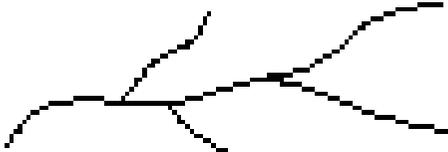
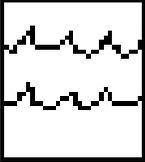
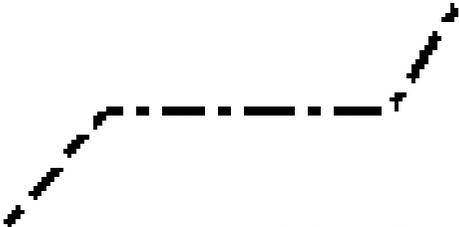
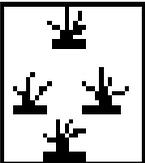


Primitive geometriche

Nella cartografia digitale, gli oggetti del mondo reale possono essere descritti attraverso le primitive geometriche fondamentali, come punti, linee, poligoni e volumi in relazione alle caratteristiche spaziali degli oggetti reali, ma anche in funzione delle finalità (e della scala) del modello dati.

Punti - 0D	<ul style="list-style-type: none">• privi di dimensioni (ad una data scala)• oggetti troppo piccoli per essere rappresentati come aree (o linee)	pozzi, impianti industriali, città, scuole
Linee/Archi – 1D	<ul style="list-style-type: none">• solo lunghezza• oggetti troppo “stretti” per essere rappresentati come aree	strade, fiumi, linee elettriche
Aree/Poligoni – 2D	<ul style="list-style-type: none">• comprendono un’area che è delimitata dai suoi confini• oggetti dotati di area	laghi, entità amministrative, edifici
Volumi/superfici tridimensionali – 3D	<ul style="list-style-type: none">• descrivono una superficie tridimensionale• Oggetti dotati di volume	superficie topografica, edifici

Primitive geometrice

Point	Arc	Polygon
 Airport		 Forest
 Church	River	 Ocean
 City		 Swamp
 Hospital	Boundary	

Forme di rappresentazione

La rappresentazione degli oggetti del mondo reale può essere basata su diverse **strutture dati**, che si adattano alle caratteristiche dei dati e corrispondono alle modalità con le quali i dati sono archiviati e organizzati.

Le due principali forme di rappresentazione sono:

- **vector**, basata sulle primitive geometriche (punto, linea, poligono)
- **raster**, articolata come griglia di punti.

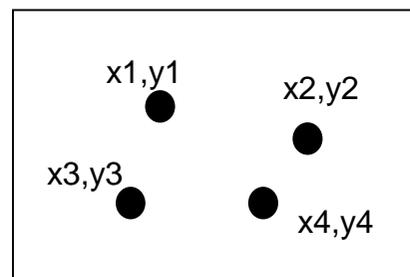
Esistono anche altre strutture specifiche finalizzate alla rappresentazione di determinati tipi di dati (tridimensionali):

- TIN
- multipatch (Constructive Solid Geometry)
- raster 3d (voxel)

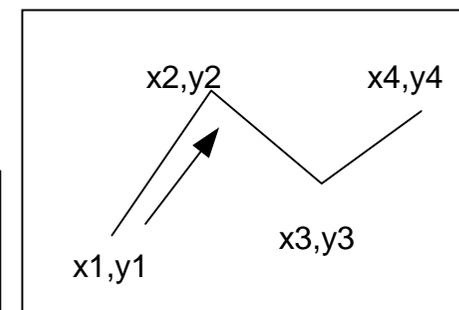
Vector

Nella struttura vettoriale (vector) gli oggetti geografici (a seconda della natura dei dati spaziali che rappresentano) sono rappresentati da primitive geometriche, punti, linee o poligoni, le quali contengono in sé un riferimento spaziale in base ad un sistema di coordinate; alle geometrie sono in genere associati degli attributi, archiviati in un *database* relazionale. Gli oggetti vettoriali elementari sono:

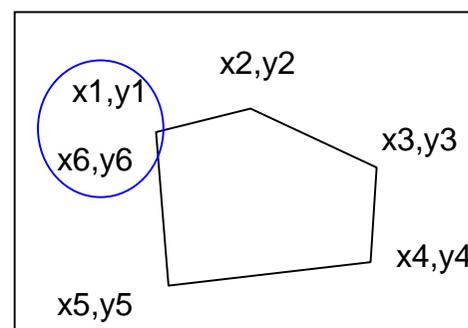
Punti, individuati da singole coppie di coordinate x,y



Linee, individuate da sequenze ordinate di coppie coordinate x,y



Poligoni, individuati da sequenze chiuse di coppie di coordinate x,y



Dalle strutture vettoriali elementari derivano strutture complesse specifiche per la rappresentazione di caratteristiche specifiche: vettoriali con misure, vettoriali multipatch (solidi in 3D), TIN.

Vector

Nella struttura vettoriale agli oggetti geografici sono generalmente associate delle informazioni di tipo non geometrico che ne specificano meglio le caratteristiche (**attributi**).

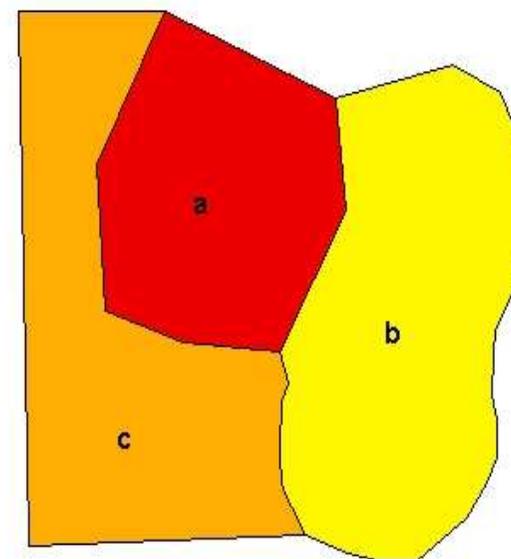
Possono essere di vari tipi:

Testo (es. toponimi, nomi e cognomi dei proprietari di particelle catastali)

Numerici (es. superficie, popolazione, portata di un fiume)

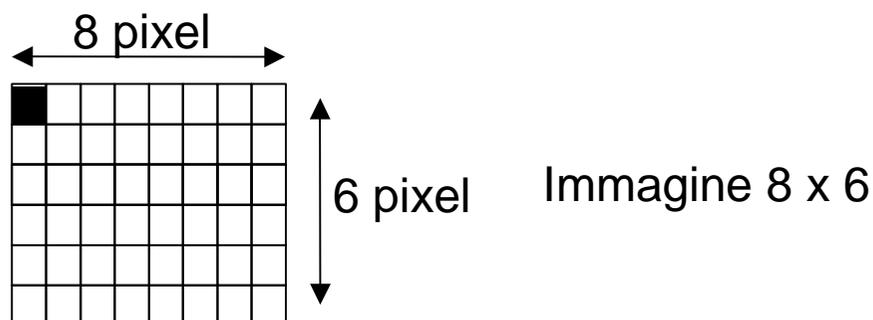
Boolean (vero/falso)

CODICE	USO SUOLO	AREA	PROPRIETARIO	IRRIGATO
a	fragole	100	Tizio	True
b	grano	200	Caio	False
c	mais	150	Semproni	True



Raster

Nella struttura *raster*, propria delle immagini digitali, l'informazione è rappresentata come una **griglia (matrice)** rettangolare, ciascun elemento della quale è detto **pixel (Picture Element)**.



A ciascun pixel dell'immagine è associato un valore di intensità, che può rappresentare “soltanto” un colore nel caso di immagini di cartografie, la risposta degli oggetti alla radiazione solare (fotografia, immagine da satellite) oppure la variazione di una caratteristica fisica (es. altimetria) o di un fenomeno (es. temperatura)

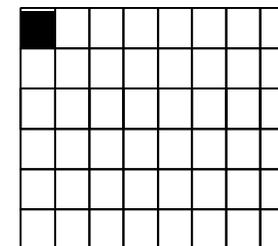
Dimensione del pixel e numero di livelli di grigio determinano:

Il più piccolo elemento rappresentabile, cioè risoluzione spaziale (in dpi o in unità di misura delle lunghezze)

La più piccola variazione di intensità rappresentabile (bitmap, toni di grigio, true color) o risoluzione radiometrica

Raster

La posizione spaziale di una cella, come in ogni immagine digitale, è data dal numero di riga e numero di colonna (in relazione ad una determinata origine), le cosiddette “coordinate immagine”. La georeferenziazione con il territorio si ottiene attribuendo alle celle il valore di una coppia di coordinate geografiche o piane (di solito ad un particolare pixel dell’immagine, come quello in alto a sinistra).



Esistono tre tipologie di file raster, in base al significato del valore associato alle celle:

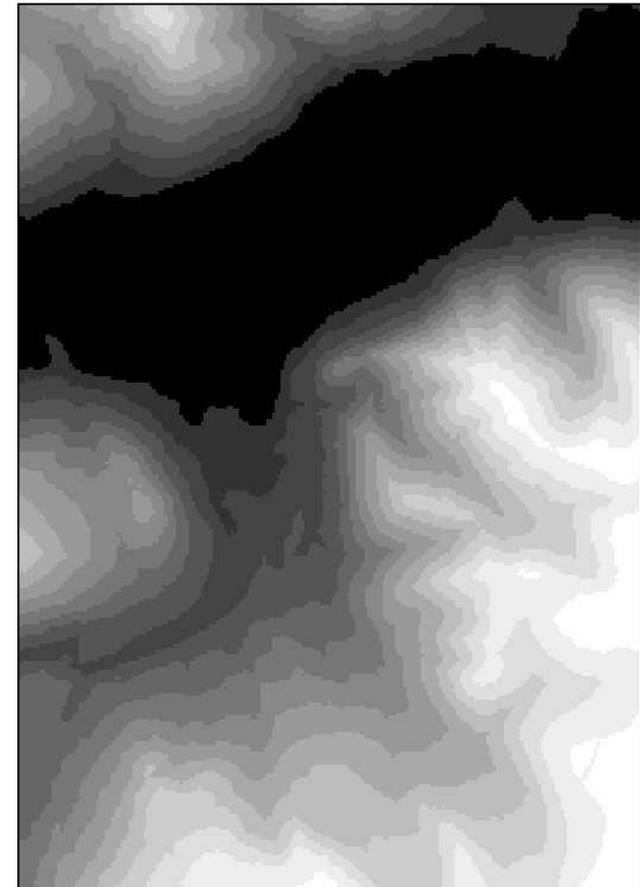
- **immagini digitali**, immagini come ortofotografie, dati da telerilevamento, in cui l’informazione associata al pixel è un valore radiometrico;
- **immagini cartografiche**, immagini di carte, in cui l’informazione è veicolata sulla base dei colori associati ai pixel;
- **raster tematici** (o matrix), immagini in cui il valore associato al pixel è una grandezza che esprime un fenomeno fisico (precipitazioni, temperatura, etc) oppure un codice frutto di un operazione di classificazione (es. uso del suolo)

Raster (DEM)

Particolari tipi di raster sono i DEM (Digital Elevation Model) o DTM (Digital Terrain Model), caratterizzati dal fatto che il valore di intensità associato a ciascuna cella corrisponde alla quota del terreno (o meglio alla quota media della porzione di terreno corrispondente alla cella).

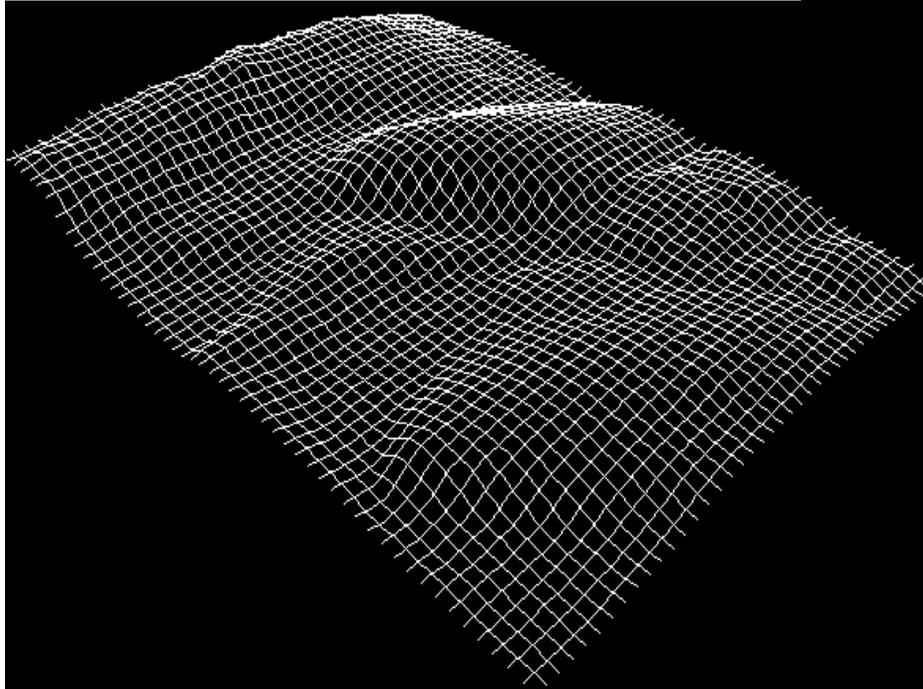
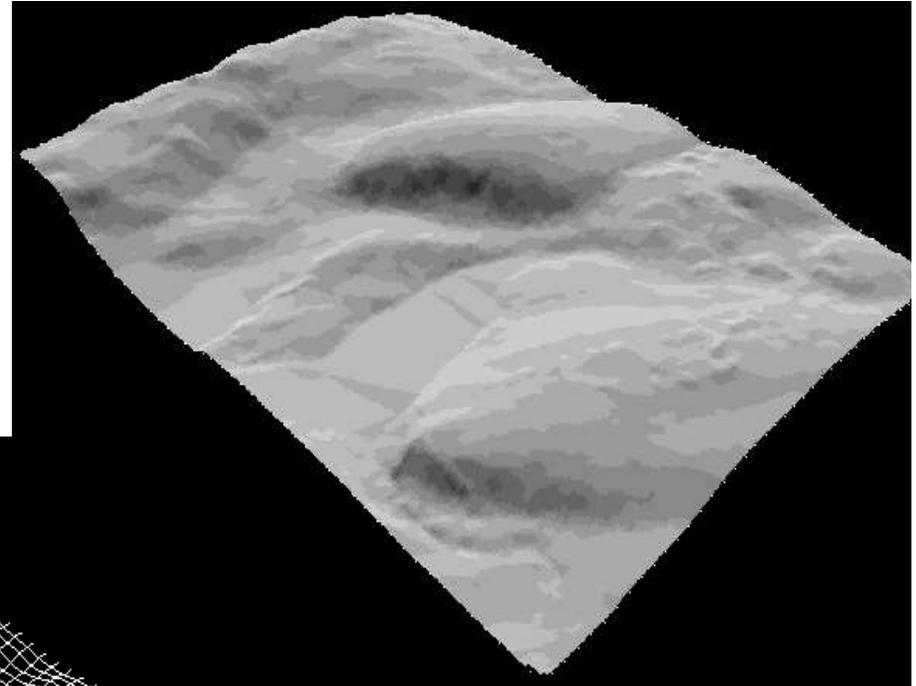


1122	1112	1101	1100	1106	1112	1116
1119	1116	1104	1091	1093	1096	1098
1107	1104	1099	1083	1078	1078	1079
1097	1094	1092	1083	1064	1066	1066
1091	1088	1082	1075	1060	1056	1053
1085	1079	1073	1063	1055	1049	1041
1075	1070	1064	1058	1048	1039	1036
1066	1060	1054	1049	1041	1031	1025
1056	1050	1044	1039	1033	1026	1030
1047	1040	1035	1029	1025	1025	1024
1039	1033	1026	1023	1023	1023	1023
1030	1025	1023	1023	1023	1023	1023
1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023
1023	1023	1023	1023	1023	1023	1023



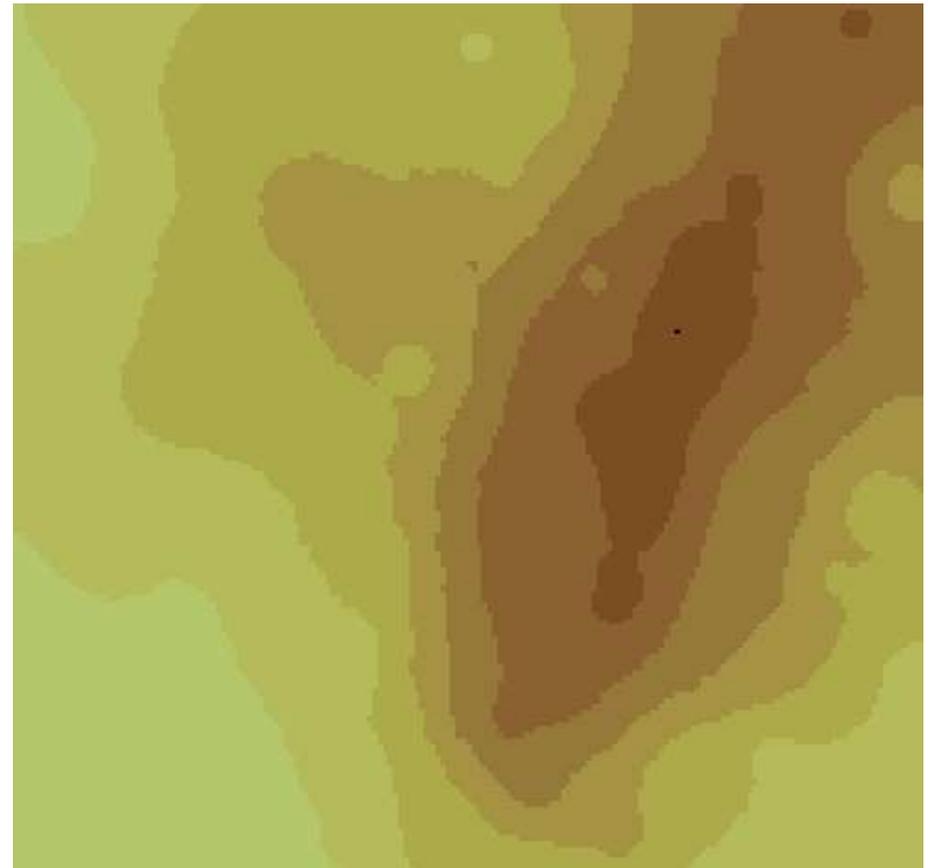
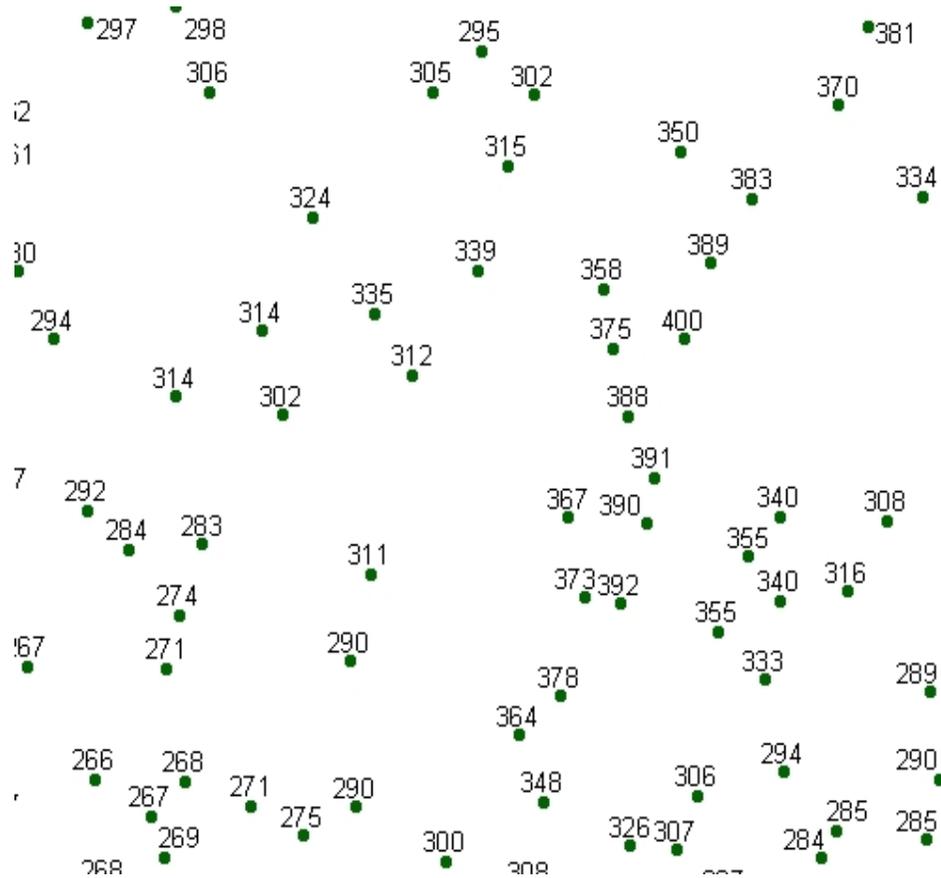
Raster (DEM)

Il DEM, grazie a speciali funzioni di visualizzazione dei software GIS, può essere visualizzato in 3 dimensioni, rendendo direttamente percepibile l'andamento della superficie topografica.



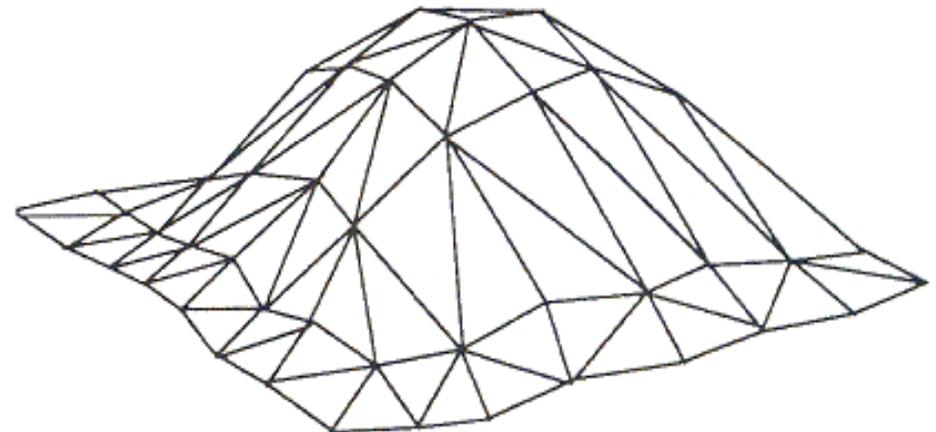
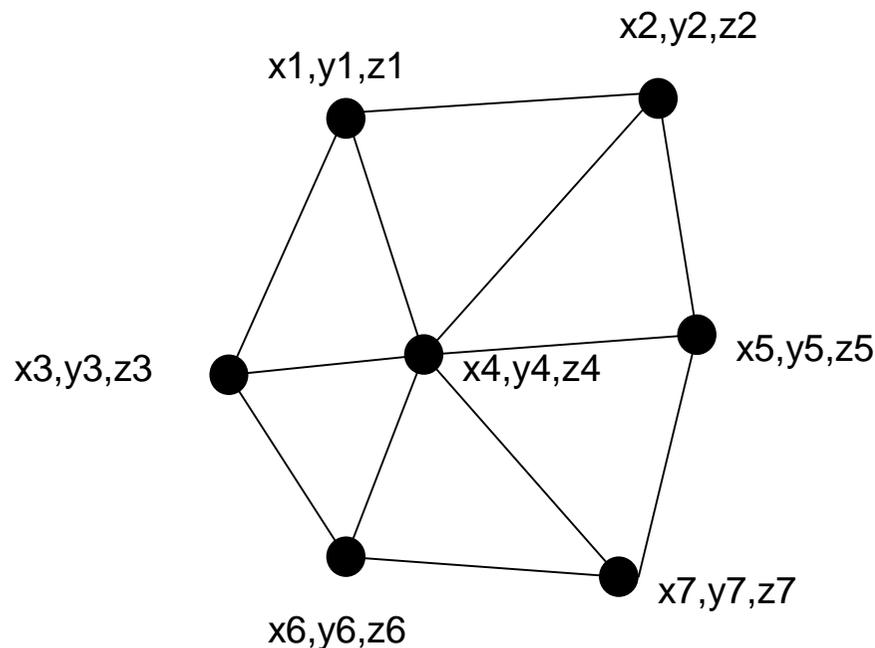
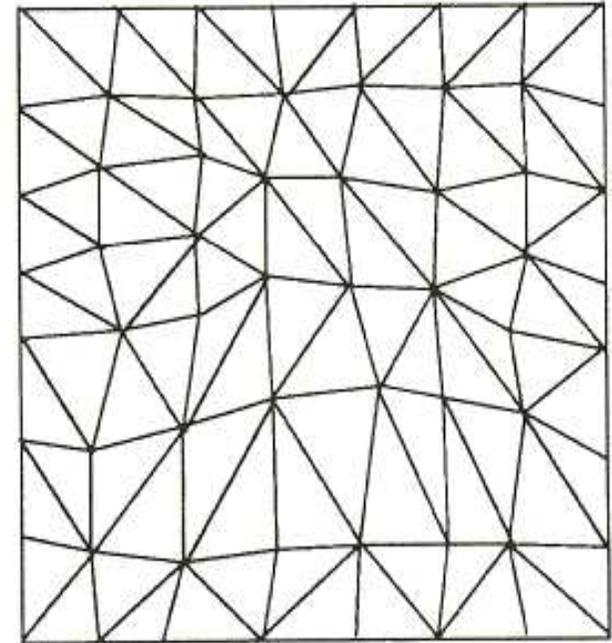
Raster (DEM)

Il grigliato regolare del DEM si costruisce per interpolazione da dati altimetrici (es. punti quotati).



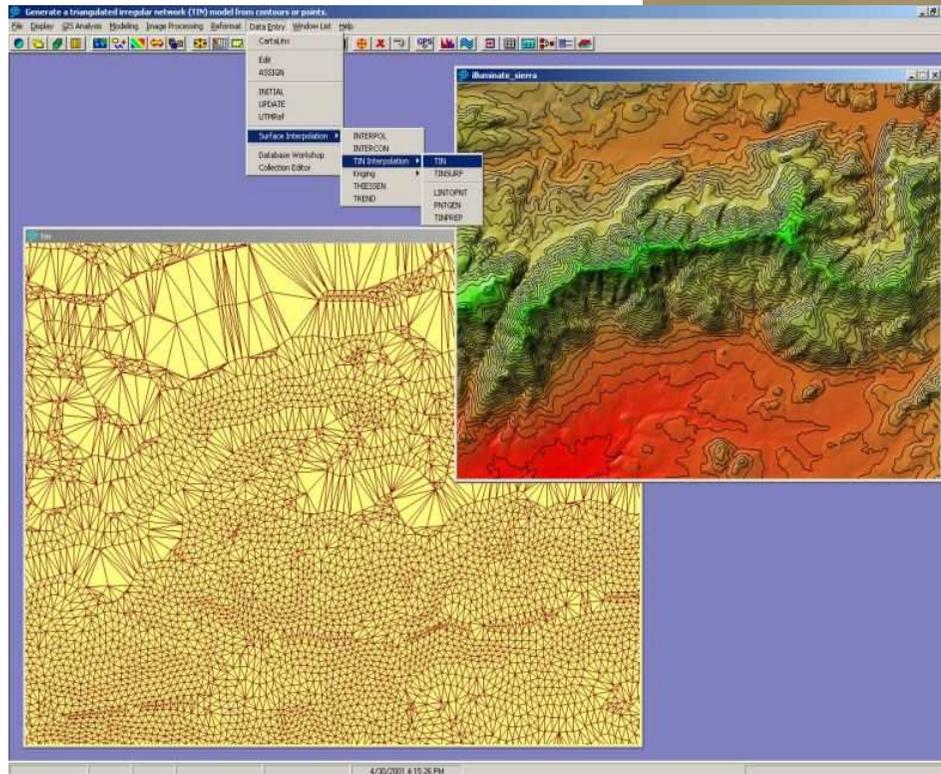
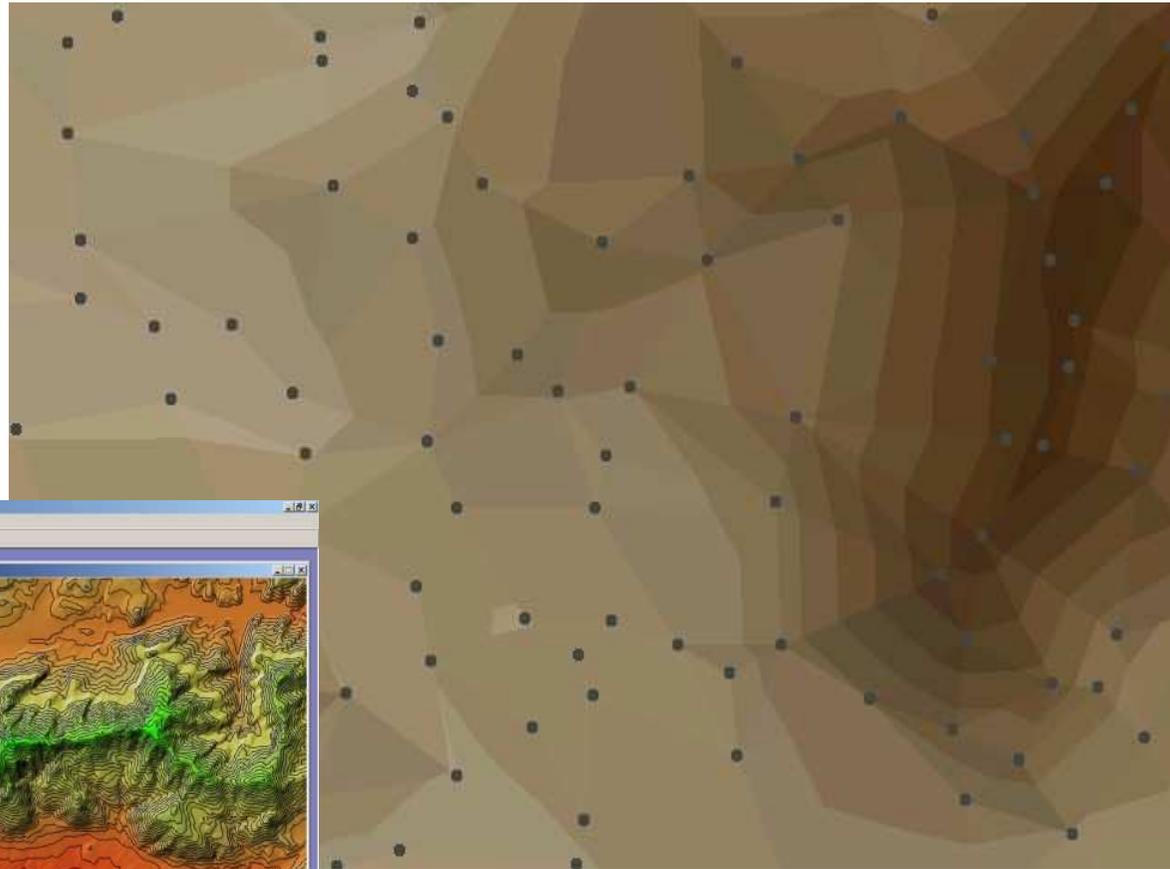
TIN (Triangulated Irregular Network)

Un'altra struttura pensata per rappresentare l'altimetria è il **TIN**, cioè **Triangulated Irregular Network**, un'evoluzione della struttura vettoriale attraverso la quale la morfologia del terreno è rappresentata attraverso una serie di facce triangolari, i cui vertici sono punti quotati (x,y,z) sparsi irregolarmente sul territorio. I triangoli che costituiscono il modello sono costruiti in base al metodo della triangolazione di Delaunay in base al quale ogni punto è unito con i due più vicini.



TIN

Esempi di TIN per la rappresentazione del rilievo.



Caratteristiche della cartografia digitale

Il modello di rappresentazione della cartografia digitale, a differenza della cartografia cartacea tradizionale, consente anche la gestione (e la rappresentazione) della **terza dimensione**, sia nel caso di strutture vector che raster, che di strutture dati più complesse:

- **primitive geometriche 3D**, insiemi di terne di coordinate x, y, z (es. punti quotati, strade o fiumi 3D, aree di vegetazione 3D);
- ***multipatch***, insiemi di terne di coordinate che definiscono le superfici di oggetti solidi (es. edifici in cui sono definiti quote base e quote gronda);
- **modelli digitali del terreno** (raster), superfici continue con valori altimetrici medi riferiti al centro delle celle (2,5 D);
- **TIN**, superfici continue con valori altimetrici ottenuti per interpolazione lineare su maglie triangolari (2,5 D);
- **raster 3D**, volumi solidi rappresentati attraverso cubi definiti attraverso terne di coordinate (voxel)

Caratteristiche della cartografia digitale

Nella cartografia numerica (e in misura ancora maggiore nei DB topografici) non può essere applicato il concetto di **scala** proprio della cartografia tradizionale, dato che lo strumento informatico rende la rappresentazione “indipendente” da una scala predefinita.

Esiste infatti una separazione tra

- scala di visualizzazione, variabile;
- scala di acquisizione, invariabile, dato che indica il livello di dettaglio con cui sono stati acquisiti i dati.

Nella cartografia digitale si parla di **scala nominale**, per indicare, in analogia con la cartografia tradizionale:

- contenuto informativo veicolato dagli attributi
- livello di accuratezza
- entità della generalizzazione

Acquisizione dei dati

La costruzione di cartografia numerica può avvenire con modalità differenti sulla base di quanto specificato nel capitolato e in relazione alle condizioni preesistenti:

- **acquisizione ex-novo** tramite rilievo topografico e aerofotogrammetrico e successiva restituzione e codifica in formato digitale;
- **telerilevamento**, che consente di ottenere nuovi dati geografici sulla base dell'interpretazione del contenuto radiometrico delle immagini;
- **digitalizzazione di cartografia tradizionale** sia in formato raster che vector (manuale e automatica), attraverso periferiche ad hoc (scanner, digitizer, software specifici)

Capitolati e specifiche

Per la produzione di cartografia, l'intero processo di realizzazione è disciplinato attraverso appositi **capitolati**, dove sono descritti:

- requisiti tecnici e fasi del processo di acquisizione (rete geodetica, rilievo aerofotogrammetrico, rilievo topografico, restituzione);
- accuratezza del prodotto finale (geometrica e semantica);
- struttura dei dati (organizzazione in livelli, attributi);
- formati di scambio e di output;
- simbologia e vestizione.

E' importante che tali capitolati vengano redatti in conformità con **specifiche** di implementazione dei prodotti cartografici redatti ad un livello più alto, quali standard o linee guida nazionali o internazionali:

- Italia: regole tecniche prodotte dal Comitato per i dati territoriali (ex CAD), Intesa GIS, linee guida prodotte dal CISIS (prima centro interregionale);
- Europa: CEN/TC287, Implementing rules previste dalla Direttiva INSPIRE (EC/2007/44);
- Mondo: Standard ISO 191xx, Specifiche Open Gis Consortium.

Esempio di capitolato

Capitolato Cartografia Numerica Comune di Bolzano

PARTE AMMINISTRATIVA E GENERALE

CAPITOLO 1. ASPETTI GENERALI.....

- 1.1. OGGETTO E MODALITÀ DI ESECUZIONE DEI LAVORI.....
 - 1.1.1. TIPO E SCALA DELLA CARTA.....
 - 1.1.2. Sistema di riferimento.....
 - 1.1.3. Definizione geometrica.....
 - 1.1.4. MODALITÀ TECNICHE D'ESECUZIONE.....
- 1.2. PRECISIONI METRICHE DELLA CARTOGRAFIA.....
 - 1.2.1. TOLLERANZE DEI PUNTI RILEVATI TOPOGRAFICAMENTE.....
 - 1.2.2. TOLLERANZE PLANIMETRICHE.....
 - 1.2.2.1. DI POSIZIONE DI UN PUNTO.....
 - 1.2.2.2. DI DISTANZA TRA DUE PUNTI.....
 - 1.2.3. TOLLERANZE ALTIMETRICHE.....
 - 1.2.3.1. DELLE CURVE DI LIVELLO.....
 - 1.2.3.2. DEI PUNTI QUOTATI.....
 - 1.2.3.3. DEI DISLIVELLI TRA PUNTI QUOTATI.....

CAPITOLO 2. SPECIFICHE RELATIVE ALLA FASE DI VOLO ..

- 2.1. CARATTERISTICHE DEI VELIVOLI.....
- 2.2. CARATTERISTICHE DELLE CAMERE DA PRESA.....
- 2.3. CARATTERISTICHE DEL MATERIALE FOTOGRAFICO.....
- 2.4. CARATTERISTICHE METRICHE DELLE RIPRESE.....
- 2.5. EPOCA DEL VOLO.....
- 2.6. PIANO DI VOLO.....

CAPITOLO 3. MISURE TOPOGRAFICHE

- 3.1. GENERALITÀ.....
- 3.2. RICERCA DEI PUNTI DI COORDINATE NOTE.....
- 3.3. REALIZZAZIONE DEL PROGETTO DI RETE.....
 - 3.3.1. inquadramento.....
 - 3.3.2. raffittimento.....
 - 3.3.3. Appoggio.....
 - 3.3.3.1. Poligonali di integrazione e "scassonamento".....
 - 3.3.4. Struttura della rete principale (GPS).....
- 3.4. MISURE GPS COSTITUENTI LA RETE PRINCIPALE.....
 - 3.4.1. caratteristiche degli strumenti di misura.....

- 3.4.2. modalità di esecuzione delle misure.....
- 3.4.3. configurazione dei satelliti.....
- 3.4.4. misure di livellazione geometrica.....
- 3.5. MISURE TOPOGRAFICHE CLASSICHE: POLIGONALI DI INTEGRAZIONE E "SCASSONAMENTO".....
 - 3.5.1. poligonali di integrazione.....
 - 3.5.2. "scassonamento".....
- 3.6. ELABORAZIONE DEI DATI E CALCOLO DELLE COORDINATE.....
 - 3.6.1. calcolo della rete principale (GPS).....
 - 3.6.2. L'inserimento della rete principale nel sistema nazionale.....
 - 3.6.3. calcolo relativo alle poligonali.....
 - 3.6.4. inserimento delle poligonali nel sistema nazionale.....
- 3.7. MONOGRAFIE.....

CAPITOLO 4. - APPOGGIO

- 4.1. APPOGGIO DIRETTO.....
- 4.2. NUMERO E DISPOSIZIONE.....
- 4.3. SCARTI DI APPOGGIO PLANO-ALTIMETRICI.....

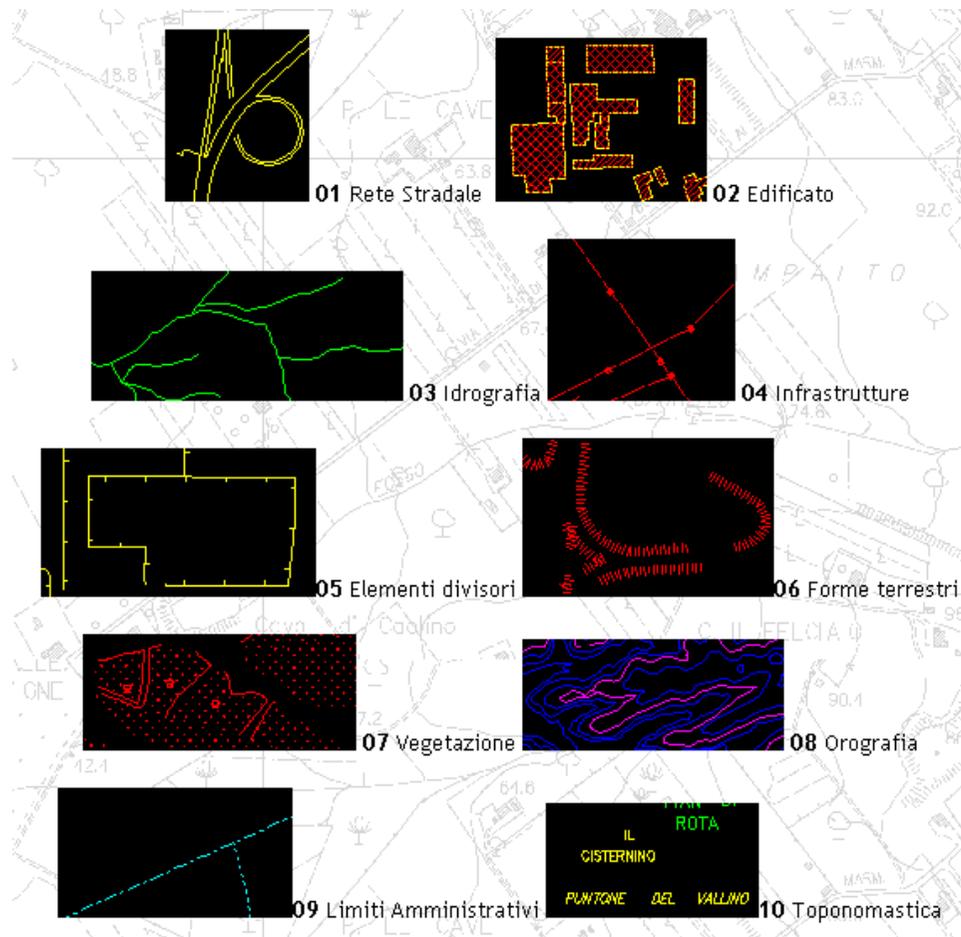
CAPITOLO 5. RESTITUZIONE.....

- 5.1. STRUMENTO RESTITUTORE.....
- 5.2. CARATTERISTICHE DELLA RESTITUZIONE.....
- 5.3. IDONEITÀ DELLO STRUMENTO RESTITUTORE.....
- 5.4. SISTEMA DI RESTITUZIONE.....
- 5.5. OPERATORE.....
- 5.6. ELEMENTI DA RESTITUIRE.....
- 5.7. CODIFICA PRELIMINARE.....
- 5.8. ORIENTAMENTO DEI MODELLI.....

Esempio di capitolato

Capitolato Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

livelli



Elenco dei codici 1:10.000 release 3 versione 3.5

Comunicazioni

- 101 STRADA ASFALTATA
- 102 STRADA NON ASFALTATA/CAMPESTRE
- 103 MULATTIERA/SENTIERO
- 104 STRADA IN COSTRUZIONE
- 105 STRADA IN DISUSO
- 106 SPARTITRAFFICO LINEA DI MEZZERIA
- 107 ACCESSO MARCIAPIEDE
- 108 PONTE/VIADOTTO
- 109 PONTICELLO
- 110 GUADO
- 111 PASSERELLA PEDONALE
- 112 SOTTOPASSAGGIO
- 113 MURI D'ALA
- 114 TRACCIATO IN GALLERIA |
- 115 PASSO VALICO
- 116 PIETRA CHILOMETRICA
- 117 LINEA FERROVIARIA A TRAZIONE AUTONOMA
- 118 LINEA FERROVIARIA A TRAZIONE ELETTRICA
- 119 LINEA FERROVIARIA IN COSTRUZIONE
- 120 LINEA FERROVIARIA IN DISUSO
- 121 SCARTAMENTO RIDOTTO FUNICOLARE
- 122 PASSAGGIO A LIVELLO
- 123 PIATTAFORMA GIREVOLE
- 124 FUNIVIA CABINOVIA SEGGIOVIA
- 125 SCIOVIA SKILIFT
- 126 MOLO PONTILE BANCHINA
- 127 PISTA AEROPORTUALE
- 128 FARO FANALE
- 129 SCALINATA
- 131 ARCO VIARIO
- 132 ARCO FERROVIARIO

Esempio di capitolato

Capitolato Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

simboli

REGIONE TOSCANA Dip. Politiche del Territorio			Codifiche C.T.R. 1:5.000/1:10.000			
Area SIT - Cartografia			LIVELLO: Comunicazioni			
			Ing. G. Pelacani		Versione 3.5	APRILE 96
CODICE	TIPO	DESCRIZIONE	RAPPRESENTAZIONE COMPLESSIVA	RAPPRESENTAZIONE SUL LIVELLO	DISEGNO	NOTE
0101	linea	Strada asfaltata			Spessore: 0.18 Tratteggio: - Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Devono essere rappresentate in base alla loro effettiva larghezza comprendente anche l'eventuale banchina. Le aree di sovrasto fanno parte della strada.
0102	linea	Strada non asfaltata Campestre			Spessore: 0.18 Tratteggio: 2/0.5 Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Questo codice comprende tutte le strade a fondo naturale percorribili o non con automezzi in tutte le stagioni.
0103	linea	Sentiero Mulattiera			Spessore: 0.25 Tratteggio: 3/1 Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Questo codice comprende le vie di comunicazione delle quali non e' possibile rappresentare la larghezza. Viene rilevato l'asse stradale.
0104	linea	Strada in costruzione			Spessore: 0.18 Tratteggio: 3/1 Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Viene rappresentata soltanto quando l'opera e' nettamente visibile sul terreno.
0105	linea	Strada in disuso			Spessore: 0.18 Tratteggio: 3/0.5/0.5 Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Viene rappresentata soltanto quando l'opera e' nettamente visibile sul terreno.
0106	linea	Spartitraffico Linea di mezzera			Spessore: 0.13 Tratteggio: - Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	Per le aiuole verdi utilizzare il cod. 0703.
0107	linea	Accesso			Spessore: 0.13 Tratteggio: 1/0.5 Rif. vestizione: - Rif. simbolo : -	

Esempio di capitolato

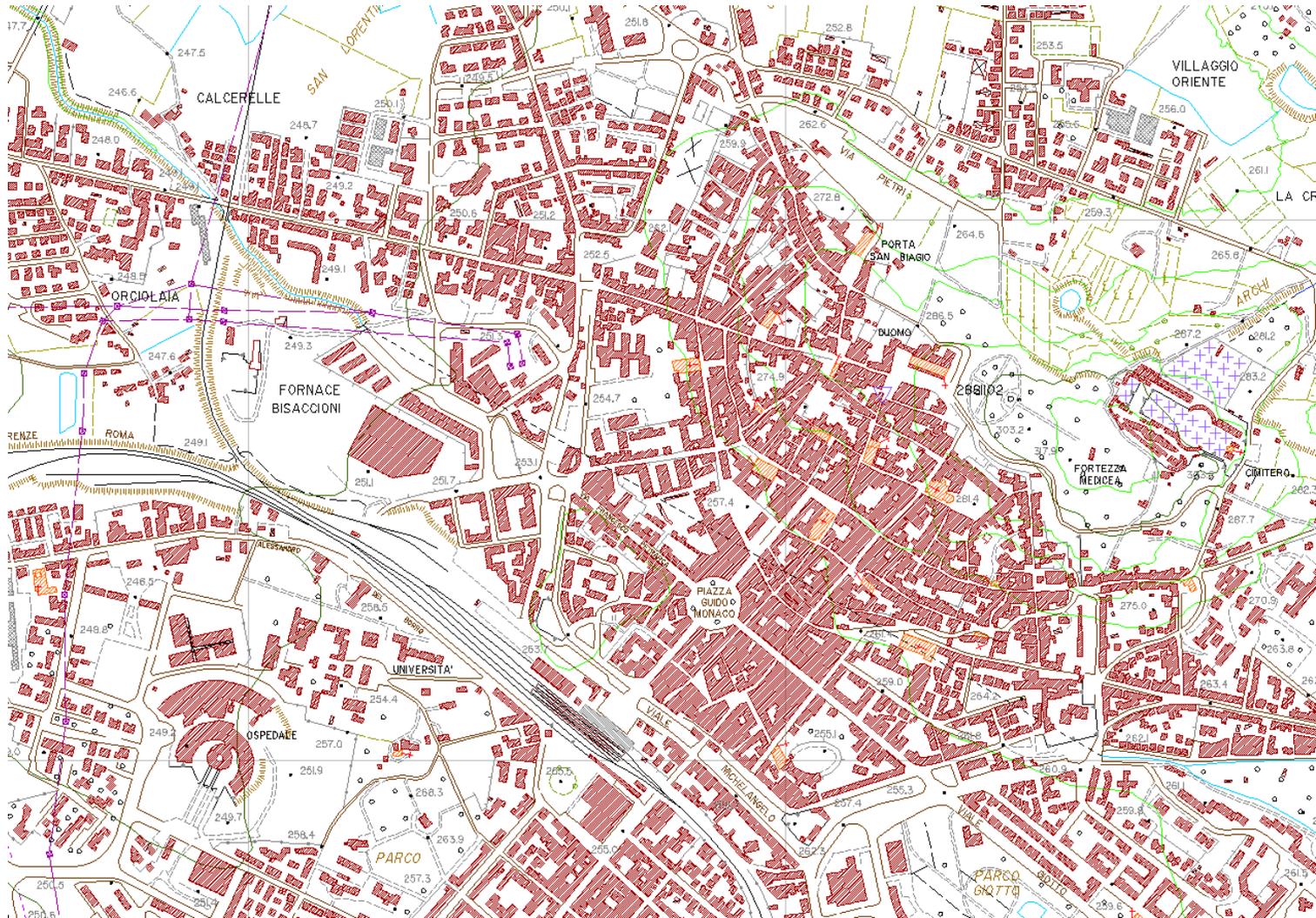
Capitolato Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

**tracciato record
e attributi**

<i>record</i>	<i>campo</i>	<i>formato</i>	<i>descrizione</i>
2	1-3	A3	Tipo di strada 301 - Autostrada, superstrada e assimilate 302 - Strada statale 303 - Strada provinciale 304 - Strada comunale
	5-16	A12	Codice identificativo
	18-57	A40	Toponimo
	59-61	A3	Classe di larghezza 311 - Maggiore di 8 m 312 - Tra 6 e 8 m 313 - Tra 3,5 e 6 m
	63-65	A3	Stato 031 - In esercizio 032 - In disuso 033 - In costruzione
	67-69	A3	Sede 054 - Galleria 056 - Trincea 060 - Propria 062 - Rampa o svincolo 063 - Ponte o viadotto 064 - Diga
	71-73	A3	Tratto 331 - Urbano 332 - Extraurbano
	75-77	A3	Tipo nodo iniziale dell'arco nodi propri 341 - Passo o valico 342 - Casello o barriera autostradale 343 - Piazzale di sosta autostradale 344 - Stazione di servizio autostradale nodi di servizio 101 - Stazione ferroviaria 102 - Scalo ferroviario 103 - Stazione e scalo ferroviari 104 - Porto 105 - Aeroporto o eliporto 167 - Ospedale

CTR numerica

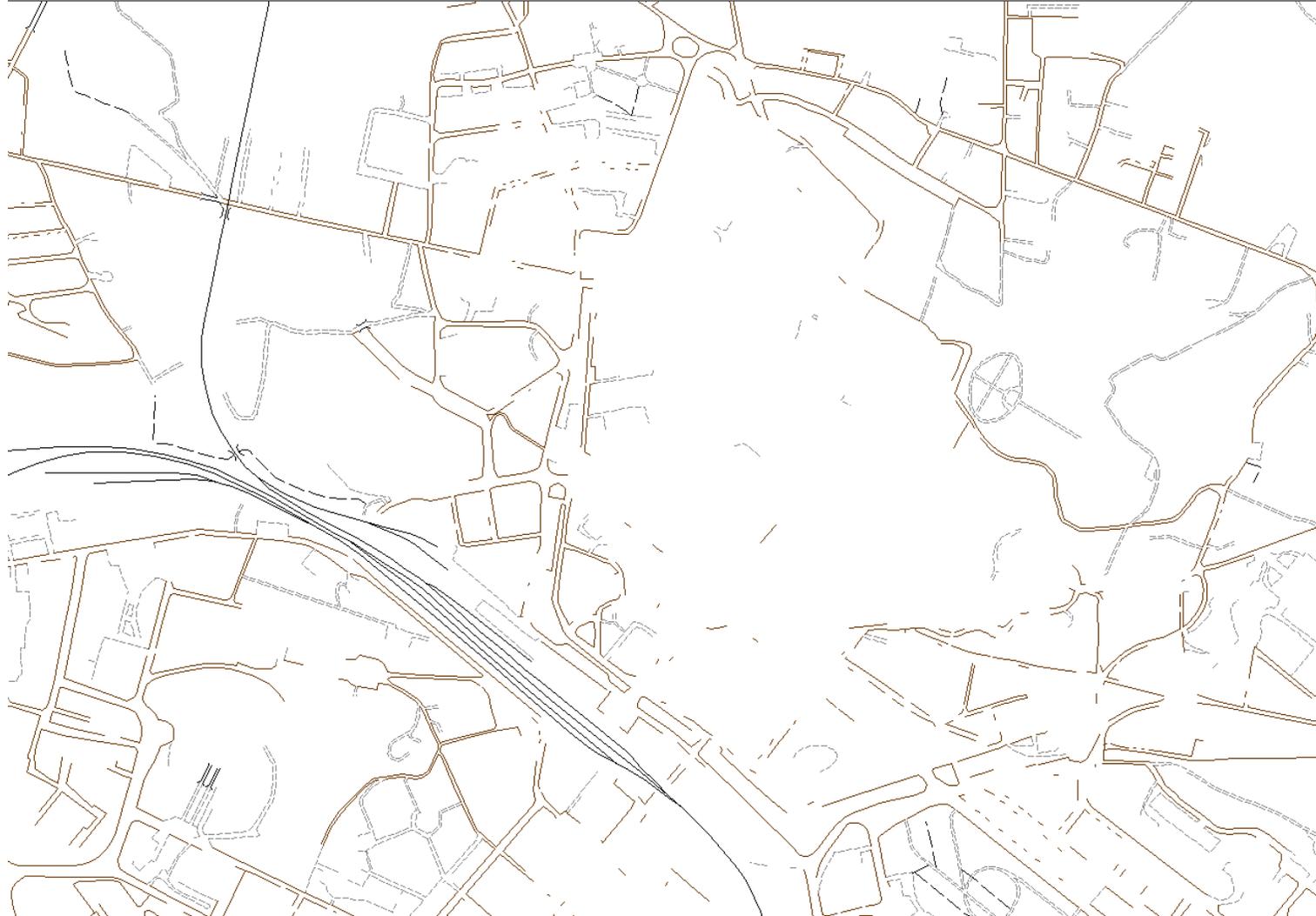
Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

01 Rete stradale



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

02 Edifici



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

03 Idrografia



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

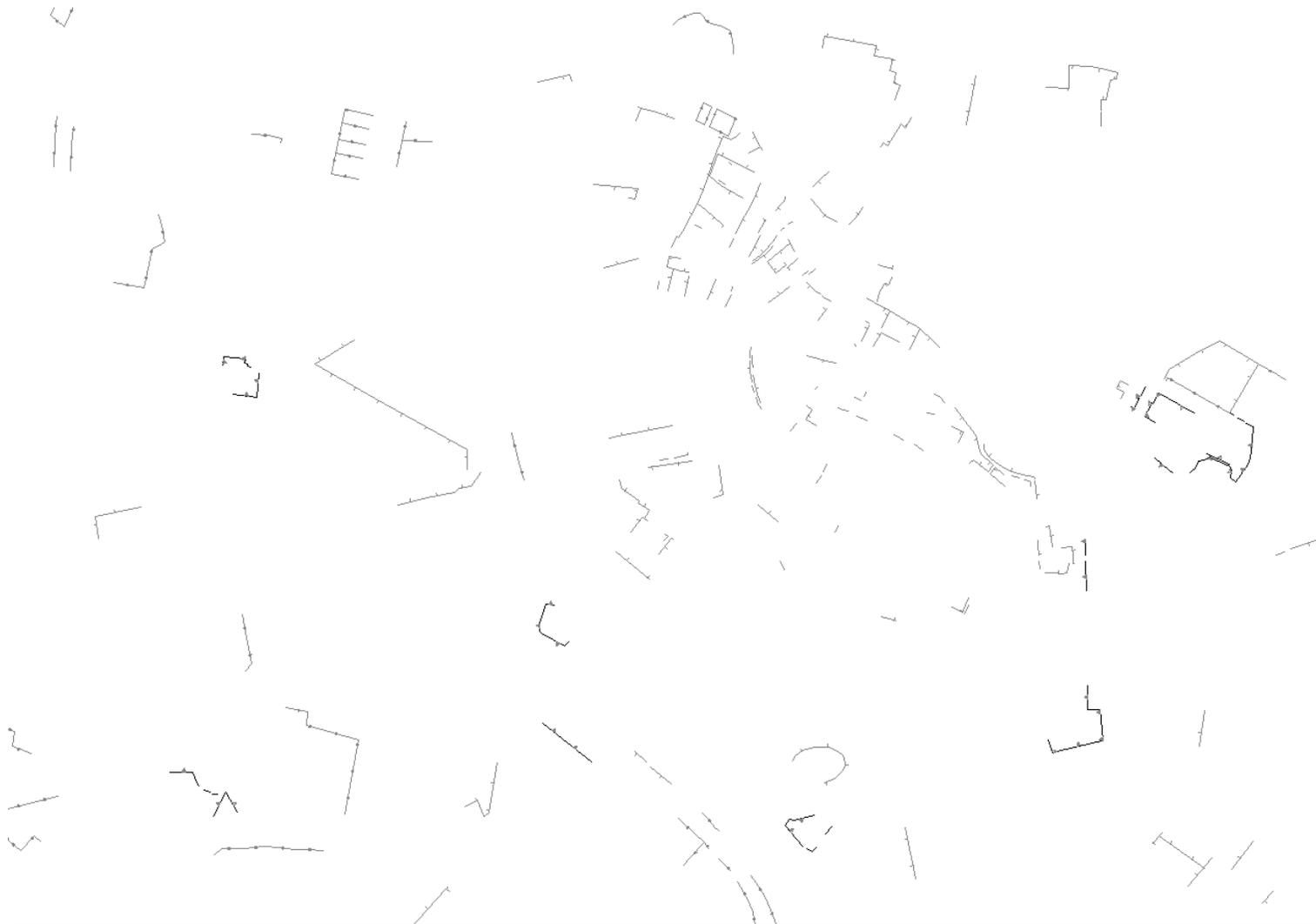
04 Infrastrutture



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

05 Elementi divisori



CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

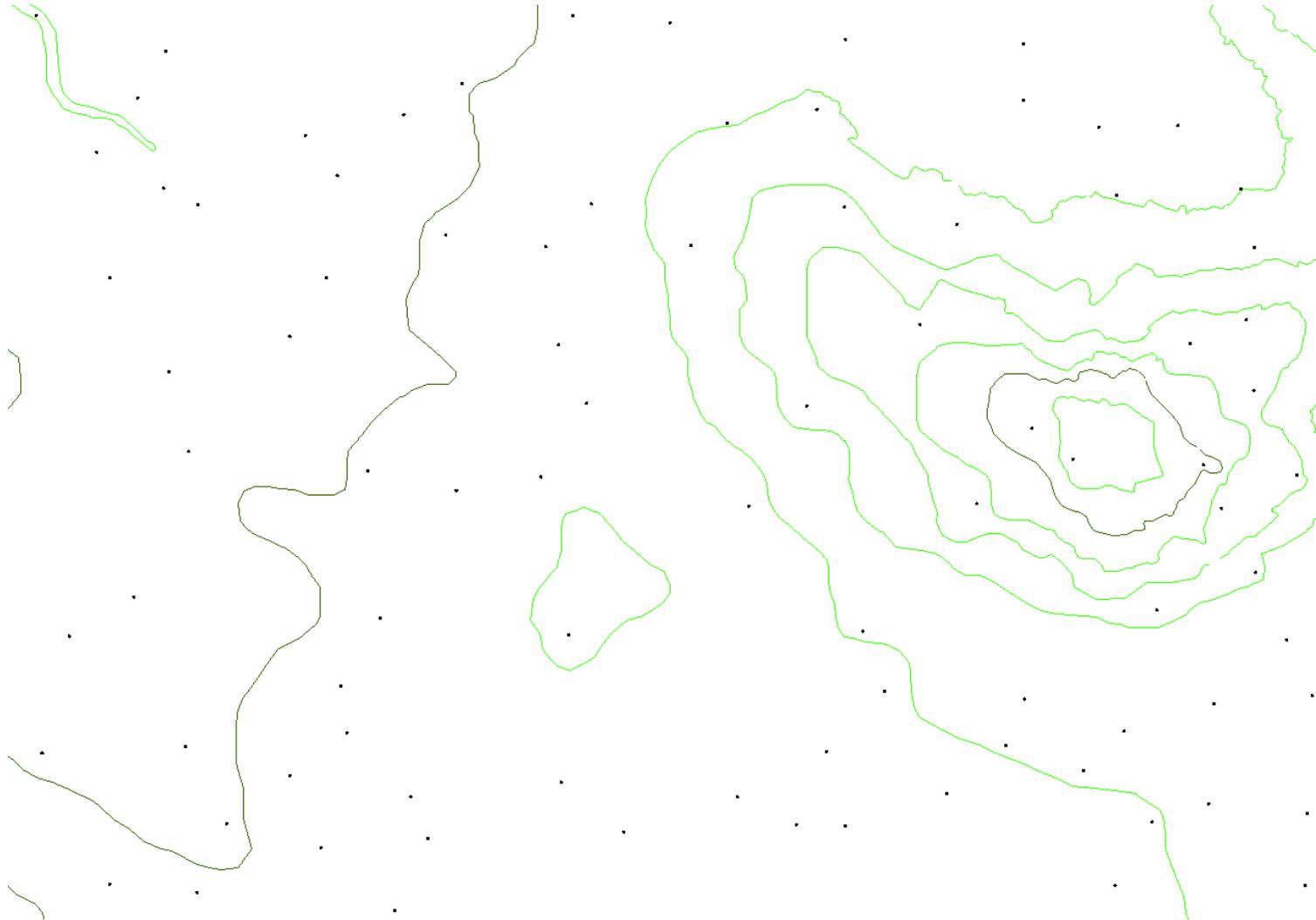
06 Forme terrestri



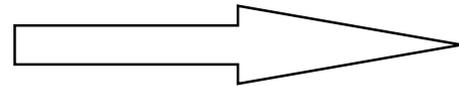
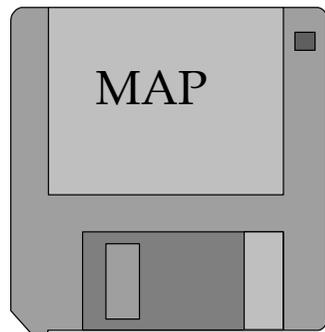
CTR numerica

Carta Tecnica Regione Toscana 1:10.000

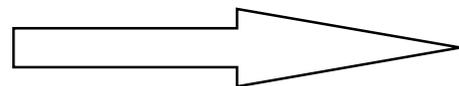
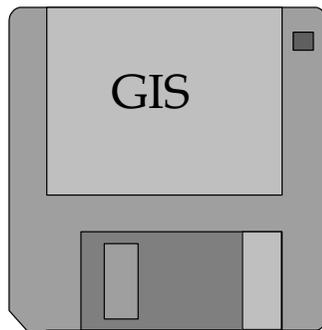
08 Orografia



Evoluzione della cartografia numerica da Map-oriented a GIS-oriented



Dati finalizzati alla produzione della mappa



Dati finalizzati ad un utilizzo con metodologia GIS: adeguati per la produzione di mappe, ma anche per analisi del territorio

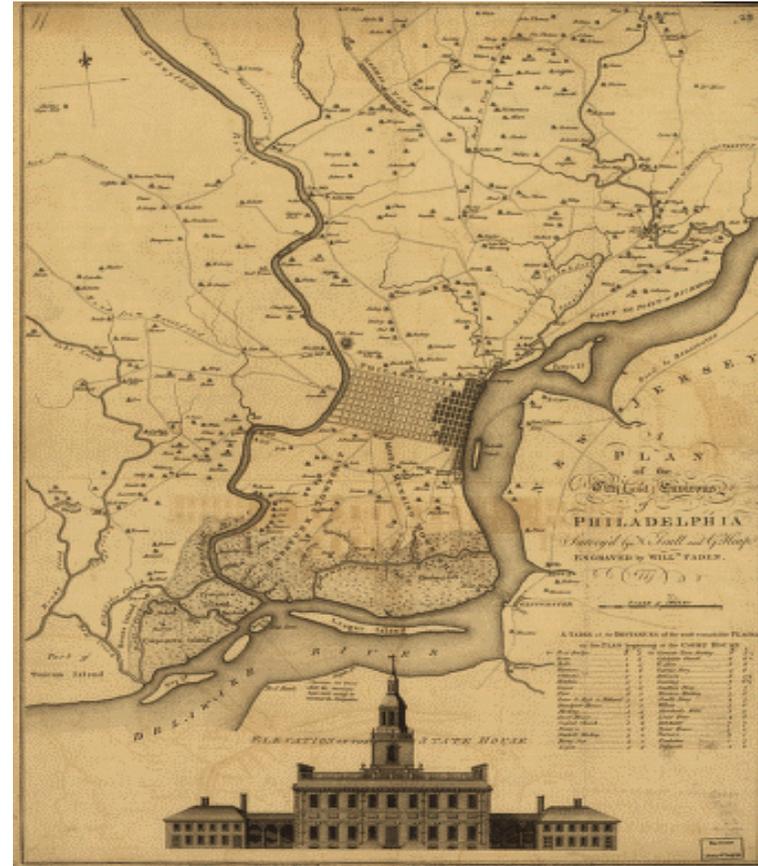
Cartografia Map oriented

Gli elementi che compongono tale cartografia sono finalizzati soltanto alla rappresentazione, più che ad un utilizzo di tipo tematico.

L'originaria stratificazione (orientata agli strati di stampa, e quindi ai colori di rappresentazione) si è evoluta verso la organizzazione in layers logici.

Nella cartografia numerica, gli elementi del mondo reale prendono il nome di **features** o oggetti geografici, mentre le loro rappresentazioni prendono il nome di **entità** (altri autori parlano di primitive qualificate) e sono definiti attraverso:

- **coordinate**, che individuano posizione spaziale e forma;
- **codifica**, che identificano le entità e ne definiscono l'appartenenza ad un determinato livello tematico.



Cartografia Numerica GIS-Oriented

L'evoluzione della cartografia numerica (attraverso molti step intermedi) ha condotto alla definizione di un modello più articolato, che prevede:

- Archivi organizzati per temi distinti
- Organizzati in termini di primitive geometriche trattate dallo strumento GIS (poligoni, linee, punti, pixel, ecc.)
- Dati: localizzazione (posizione nello spazio), attributi (caratteristiche), topologia (posizione in relazione agli altri elementi)

Livelli di informazione nei DB geografici

Il modello di rappresentazione del DB geografico consente di veicolare diversi livelli di informazione:

Geometrico

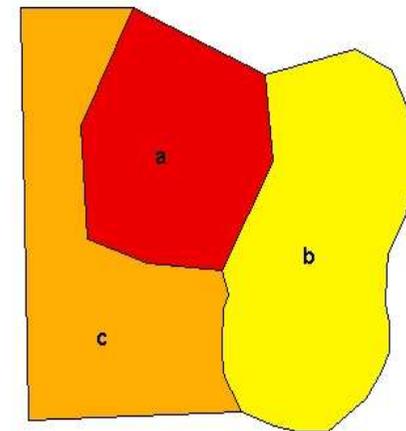
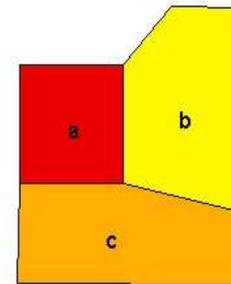
(posizione, forma, dimensione)

Topologico (relazioni spaziali quali adiacenza, inclusione, connessione)

Semantico (attributi, numerici o testuali, associati ai dati e che descrivono i dati stessi)



Primitive geometriche:
Punti linee poligoni



diversa geometria, ma stessa topologia

AREZZO
Seminativo

toponimo
classe uso del suolo

DB geografici

In particolare, il paradigma attuale è basato sulla realizzazione dei cosiddetti DB geo(topo)grafici consente una descrizione molto più completa della realtà, a partire dalla quale si possono realizzare operazioni complesse di gestione e di interpretazione del mondo reale.

Il modello più diffuso attualmente si basa sull'approccio relazionale proprio dei database, integrato con alcuni elementi derivanti dal paradigma a oggetti proprio della programmazione (object-relational database).

In particolare, ogni oggetto del mondo reale è:

- rappresentato attraverso classi di entità
- descritte dalle loro proprietà
 - identificatori
 - attributi (geometrici, alfanumerici)
 - relazioni (concettuali, topologiche), che individuano associazioni tra entità e determinano vincoli

DB geografici

Molteplici sono le implementazioni dei DB geografici, sia a livello di strutture per la gestione dei dati, che dei formati di archiviazione:

- file system,
- file spaziale + DB,
- DB relazionale puro,
- DB relazionale con campi geometrici.

Questa pluralità di soluzioni non ha certo favorito l'efficacia complessiva dei sistemi di gestione dell'informazione geografica, limitando l'interoperabilità, spesso anche a causa della dipendenza degli utenti da specifici prodotti software.

Soprattutto nel corso dell'ultimo decennio, si è cercato di far fronte a questi problemi con un'intensa attività di standardizzazione a diversi livelli istituzionali (ISO e OGC a livello internazionale), che hanno portato alla definizione di:

- strutture
- formati
- schemi
- linguaggi di modellazione.

Topologia

La topologia riguarda le relazioni spaziali tra gli oggetti geografici e il modo in cui sono archiviati e acquisiti i dati in un GIS.

Le relazioni topologiche fondamentali sono:

1. Connettività

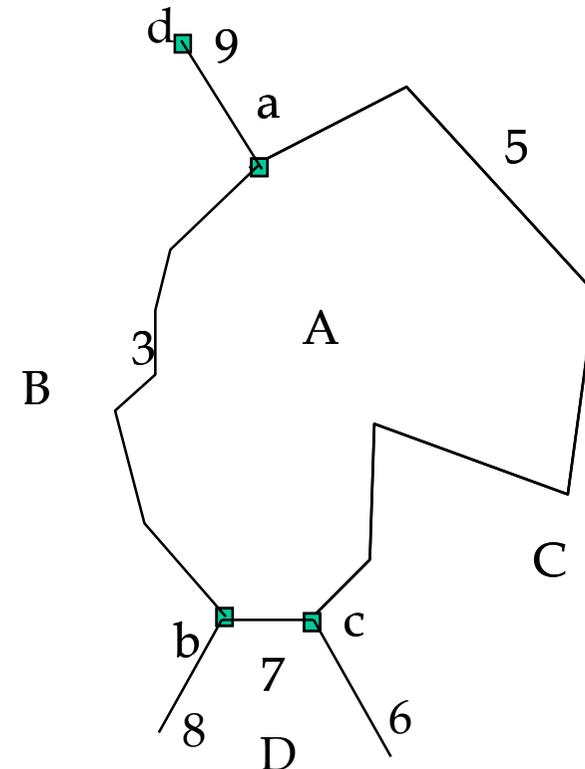
connessione di archi tra di loro in corrispondenza di nodi

2. Inclusione

inclusione di aree parte di archi tra loro connessi che ne formano il bordo

3. Adiacenza

condivisione tra due poligoni di archi comuni (che li separano)



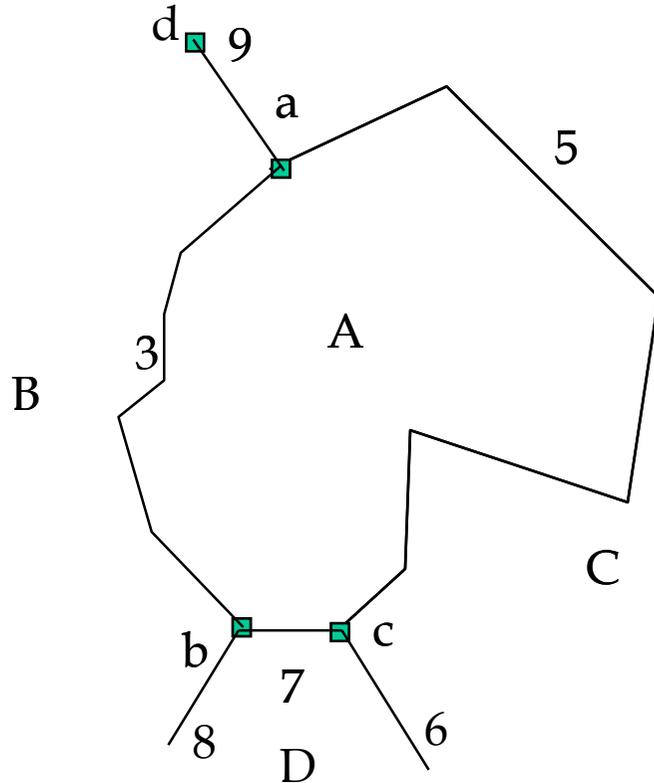
minuscole - NODI

numeri - ARCHI

Maiuscole - POLIGONI

Relazioni topologiche

In alcuni formati vettoriali (es. ArcInfo Coverage) i dati sono archiviati in una serie di tabelle che contengono, oltre alle coordinate, le informazioni sulle relazioni tra gli oggetti geografici (nodi, archi, poligoni).



Es.: Archi

- archi collegati
- nodo iniziale e finale (F-Node, T-Node)
- poligono a destra e a sinistra (R-Poly, L-Poly)

arco #	l-poly	r-poly	f-node	t-node
3	B	A	b	a
5	A	C	a	c
7	D	A	c	b
9	B	C	a	d
8	B	D	x	b

Bibliografia

- M. Fondelli, *La cartografia numerica*, in in *L'evoluzione della geografia dalla carta geografica al digitale in nove passi descritti dai maggiori esperti del settore*, Roma, MondoGIS, 2004, pp. 47-58.
- G. Pelagatti, M. Rossi, *Modello dei dati di un database geografico ed evoluzione della cartografia numerica*, in *L'evoluzione della geografia dalla carta geografica al digitale in nove passi descritti dai maggiori esperti del settore*, Roma, MondoGIS, 2004, pp. 84-96.
- G. Amadio, *Database geografici*, in *Atlante dei tipi geografici*, IGM, Firenze, 2004, pp. <http://www.igmi.org/pubblicazioni/atlante_tipi_geografici/pdf/databasegeo.pdf>, 1/12/2009.
- M. Trevisani, *Appunti per il corso di Cartografia e Cartografia Numerica*, 2005, <http://sira.arp.atoscana.it/sira/documenti/Dispensa_Cartografia.pdf>, 1/12/2009.
- Istituto Geografico Militare Italiano, *La produzione IGM*, <<http://www.igmi.org/prodotti/>>, 1/12/2009.
- Regione Toscana, *Informazione geografica*, <<http://www.rete.toscana.it/sett/territorio/carto/cartopage/index.htm>>, 1/12/2009.



Attribuzione-Non commerciale-Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:



di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera



di modificare quest'opera

Alle seguenti condizioni:



Attribuzione. Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza e in modo tale da non suggerire che essi avallino te o il modo in cui tu usi l'opera.



Non commerciale. Non puoi usare quest'opera per fini commerciali.



Condividi allo stesso modo. Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica o equivalente a questa.

- Ogni volta che usi o distribuisi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.
- Questa licenza lascia impregiudicati i diritti morali.