

Cartografia Numerica

Trasferimento su supporto digitale
delle metodologie cartografiche

Insieme di coordinate e di codifiche
secondo la logica delle basi di dati

L'archivio dei dati contiene tutte le
informazioni necessarie per disegnare
e/o visualizzare carte.

1

Vantaggi del supporto digitale:

- elaborare i dati cartografici
- interfacciare con altri database
- integrare nel database cartografico altri dati

2

- gestione ed aggiornamento effettuato tramite elaboratore

- univocità del contenuto metrico
(si eliminano le approssimazioni nelle operazioni di misura sulla carta)

- univocità del contenuto qualitativo
(c'è una codifica)

3

Metodi per la produzione di cartografia numerica

Restituzione fotogrammetrica e successivo editing.

Digitalizzazione di carte esistenti

Cartografia raster

4

•**Vantaggi della C.N.:**

- 1) possibilità di eseguire elaborazioni sui dati;
- 2) possibilità di collegare i dati cartografici con altri archivi (anagrafe ecc.) per produrre carte tematiche;
- 3) facilità di gestione e aggiornamento dei dati in modo analitico;
- 4) univocità del contenuto metrico (nelle operazioni di misura) con assenza di deformazioni del supporto.
- 5) univocità del contenuto qualitativo: la codifica sostituisce la lettura soggettiva della carta.

•**Tipi di C.N.:**

- 1) Planimetrica: 2D codifica dei punti e coord. solo E, N
- 2) Planimetrica e altimetrica: 2D e 1/2
- 3) Planoaltimetrica: 3D tutti i punti hanno contenuto 3D
- coord. 2D degli elementi planimetrici
- e 3D di quelli altimetrici

5

•**Chi produce C.N. in Italia**

•**IGMI:**

- Carte numeriche a piccola scala (da 1:50000 a 1:25000) ricavati dalla digitalizzazione di mappe esistenti.

•**Regioni:**

- Carte Tecniche Regionali a media scala (da 1:2000 a 1:5000).

•**Comuni:**

- Carte Tecniche Comunali a grande scala (da 1:500 a 1:1000).

•**Agenzia del Territorio (Catasto):**

- Digitalizzazione delle carte catastali esistenti.

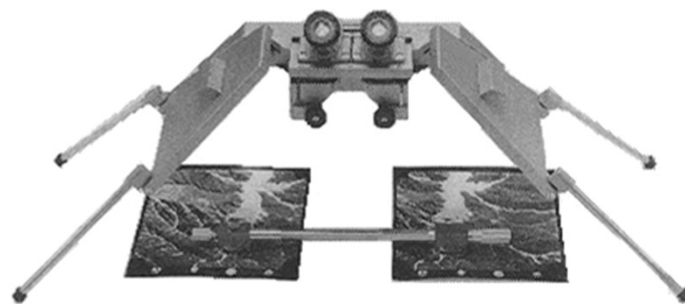
6

Cartografia Numerica **restituzione**

La restituzione è una fase del processo Fotogrammetrico che permette di misurare coordinate 3-D di punti a partire da due immagini stereoscopiche.

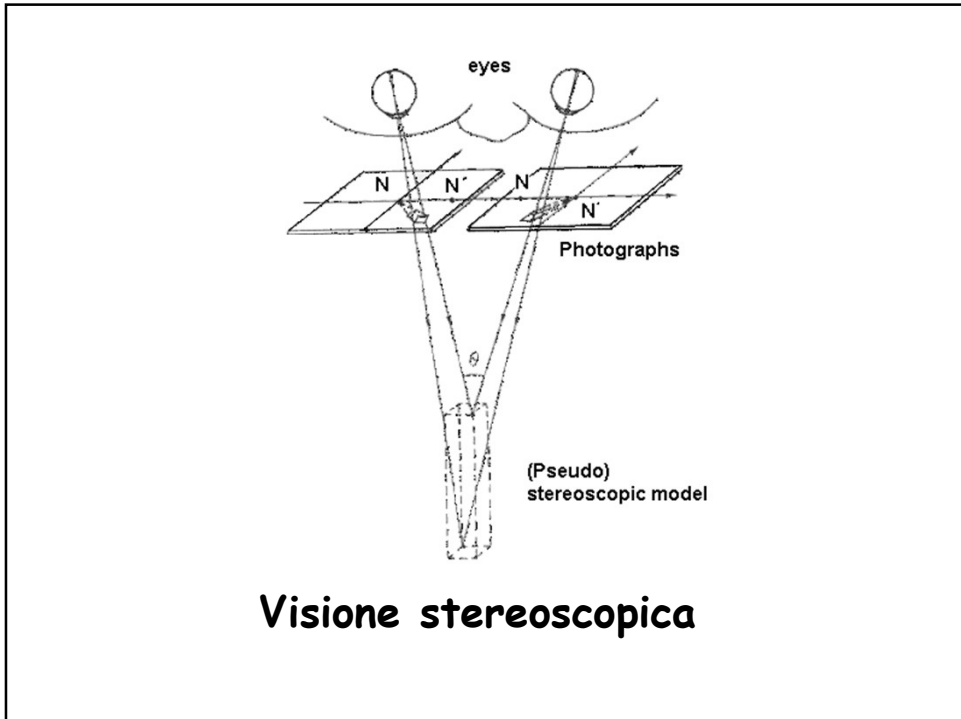
Gran parte della cartografia numerica è prodotta con la tecnica fotogrammetrica

7

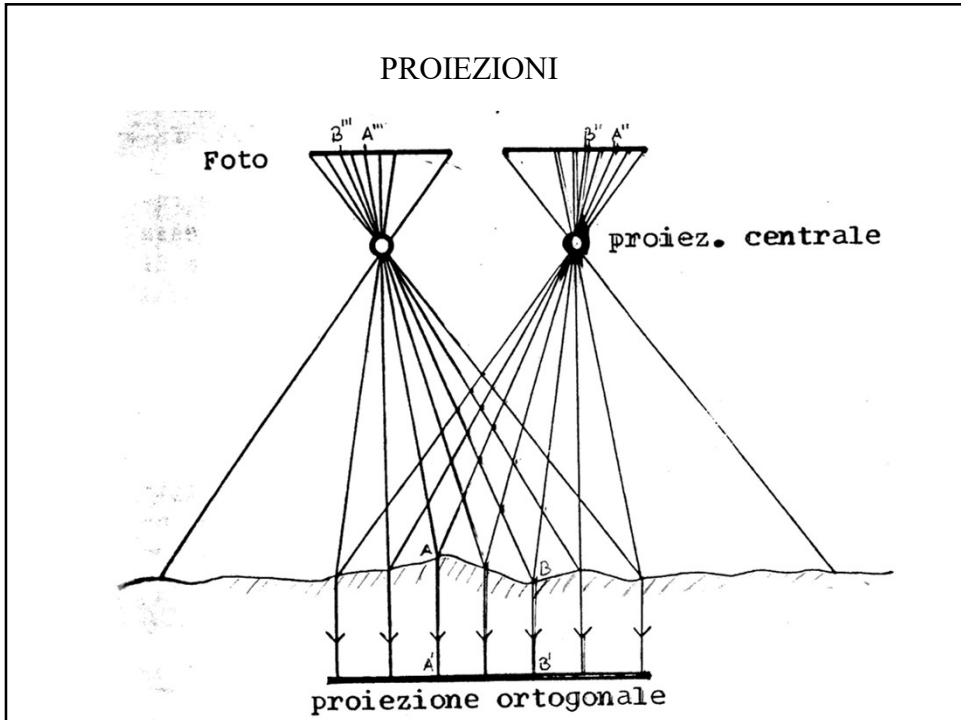


Stereoscopio da tavolo

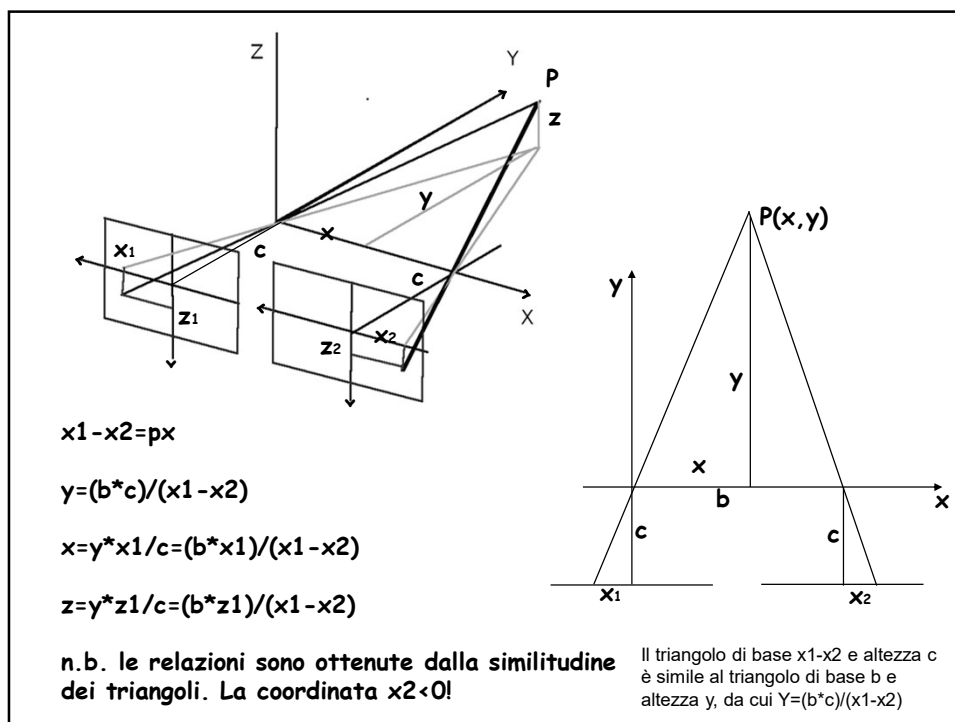
8



9



10



11

Cartografia Numerica digitalizzazione

La digitalizzazione consiste nella misura di punti su carte esistenti. Lo strumento utilizzato è il digimetro.

È un prodotto di qualità metrica inferiore a quello di partenza!



12

Cartografia Numerica **raster**

E' un'immagine ottenuta tramite scansione

Prodotto per sola visualizzazione.
Con programmi OCR si produce cartografia digitalizzata.

QUI TSIT

13

Si distinguono diverse tipologie di cartografia numerica:

Cartografia numerica solo **planimetrica**
(descrizione con N-E e codifica)

Cartografia numerica **plano-altimetrica**
(descrizione con N-E e codifica - planimetria
descrizione con N-E-Q e codifica - altimetria)

Cartografia numerica **tridimensionale**
(descrizione con N-E-Q e codifica)
(elementi artificiali al livello del suolo)

14

Scala nominale della carta

La scala è legata alla procedura della costruzione della carta stessa

Scala nominale = Scala della carta tradizionale di corrispondente precisione metrica e contenuto qualitativo.

QUI BC

15

Esempio cartografia scala 1:5000

tolleranza planimetrica:
(circa doppio indotto dall'errore di graficismo)

P1=(E1,N1) memorizzato

P2=(E2,N2) da misure topografiche

Distanza (P1,P2) ≤ 2 . m

16

Tolleranza curve di livello.

P ∈ alla curva di livello di quota nominale Q_L

Si misura con operazioni sufficientemente precise la quota nel punto Q_P

$$|Q_L - Q_P| \leq 2,20 \text{ m.}$$

17

Carta topografica classica 1:5000

tolleranza curve di livello: 0.5 - 2.5 m

regola empirica per **curve livello**:

toll min=(denominatore scala)/10 [mm]

toll max=(denominatore scala)/2 [mm]

18

Tolleranza punti quotati

P di quota nominale Q_L

Si misura con operazioni sufficientemente precise la quota nel punto Q_p

$$|Q_L - Q_p| \leq 1,20 \text{ m.}$$

19

Carta topografica classica 1:5000

tolleranza **punti quotati**: 0.1-1 m

regola empirica per punti quotati:

toll min=(denominatore scala)/50 [mm]

toll max=(denominatore scala)/5 [mm]

20

Considerazioni:

le condizioni sulle tolleranze sono indicative, in situazioni particolari (vegetazione, scarsa visibilità del terreno ecc...) possono subire variazioni.

$$||Q_L - Q_P|| < \text{"metà dell'altezza media della vegetazione"}$$

21

- Gli elementi naturali ed artificiali del terreno (**oggetti**)
- devono essere mappati sul repertorio delle **entità**.
- Un'entità è costituita da:
 - un codice
 - una primitiva geometrica.
- La primitiva geometrica può essere: un punto, una spezzata aperta, una spezzata chiusa.

- Un'entità può essere di tre tipi:
 - Puntuale
 - Lineare
 - Areale

- Esistono poi entità di tipo Testo (quote e toponomastica)

22

• **oggetto**: è qualunque elemento naturale o artificiale del terreno che non sia ulteriormente divisibile (es.: lago, casa, muro, ecc...);

• **elemento geometrico**: è costituito da una spezzata alla quale viene associata una codifica;

• **Super oggetto**: è un oggetto complesso, formato da uno o più elementi geometrici. Gli oggetti possono essere definite da aree chiuse, linee aperte o punti;

• **codifica**: è un codice associato ad una entità o ad un elemento geometrico che serve per interpretare l'oggetto descritto.

23

Tipologie elementi

- Punti non hanno dimensione alla scala nominale della carta.
Punti quotati, pali di illuminazione alla scala 1:2000.
- Linee sono elementi che si sviluppano linearmente.
Elettrodotti, binari ferroviari (1:5000).

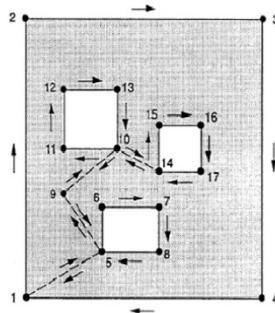
24

- Aree sono elementi che presentano un ingombro alla scala nominale della carta.

edifici (sino alla scala 1:25000)
 strade comunali (sino alla scala 1:5000)
 marciapiedi (sino alla scala 1:2000)
 tombini (sino alla scala 1:500)

25

- **I Poligoni** sono gli elementi areali della carta numerica. Sono
- costituiti da una serie di linee consecutive delle quali l'ultimo vertice
- coincide con il primo (congruenza geometrica). In questi casi è
- possibile associare all'entità un *centroide* che può contenere una
- serie di dati relativi al poligono (topologia, metadati..)
- Esempio di
- memorizzazione di
- un poligono.



26

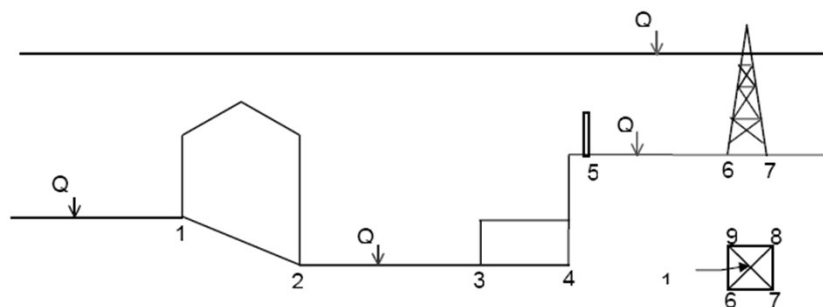
Contenuto planimetrico

- Oss.: in cartografia numerica non possono esistere superfici senza una codifica.
- Somma delle entità di tipo area uguale alla superficie cartografata

27

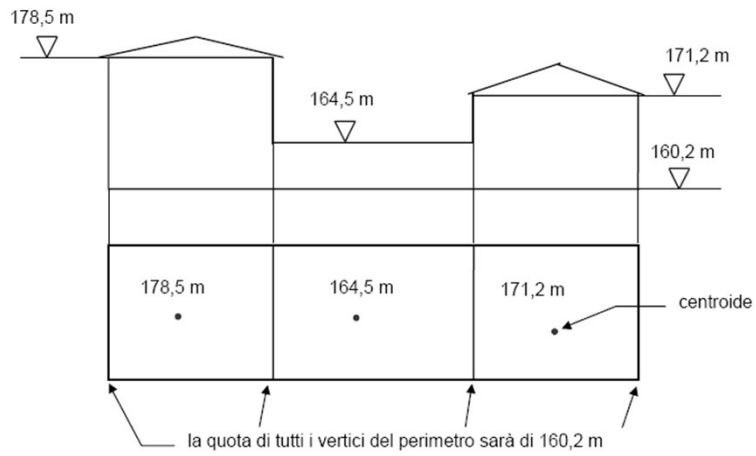
Contenuto altimetrico

- punti quotati;
- curve di livello;
- quota dei punti che descrivono la planimetria di una entità;
- quota della unità volumetriche alla linea di gronda;



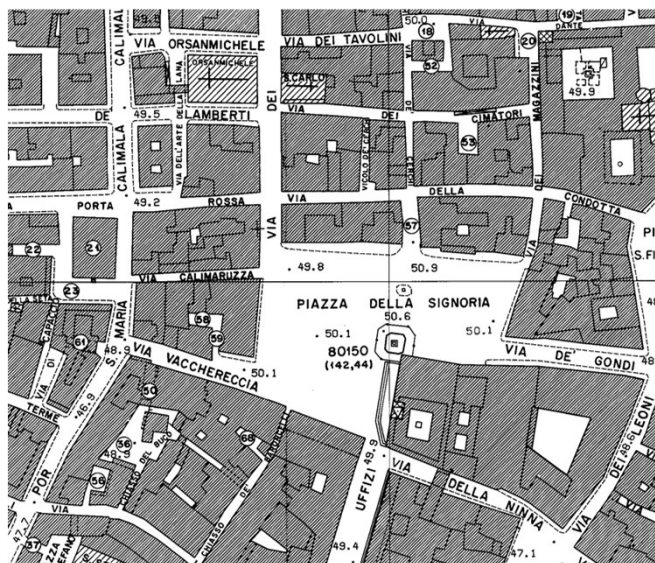
28

Contenuto altimetrico



29

Carta tradizionale
alcune entità sono riconosciute mediante aggregazione logica
(strade, incroci etc..)



30

Il contenuto planimetrico della cartografia numerica può essere integrato da suddivisioni del territorio in superfici omogenee e pensando soprattutto al suo utilizzo nell'ambito di un SIT è utile effettuare questa suddivisione di aree nelle seguenti categorie:

- Isolati
- Servizi
- Aree Verdi
- Spazi Aperti
- Specchi d'Acqua
- Tronchi
- Nodi

31

Classificazione delle aree

- **Isolati:** il perimetro dell'isolato risulta definito da una spezzata chiusa costituita da lati di edifici prospicienti spazi pubblici, muri di recinzione, cancellate, strade, marciapiedi, piazze, aiuole, ecc.

32

- **Servizi:** zone a destinazione d'uso omogenea, occupate da impianti stabili
come: *Classificazione delle aree*

stazioni ferroviarie, scali ferroviari, impianti di depurazione, aeroporti, stazioni di autolinee, centrali elettriche, stazioni di trasformazione dell'energia elettrica, mercati generali, ospedali, cimiteri, ipermercati, stazioni di servizio, autogrill, aree di parcheggio lungo le autostrade;

33

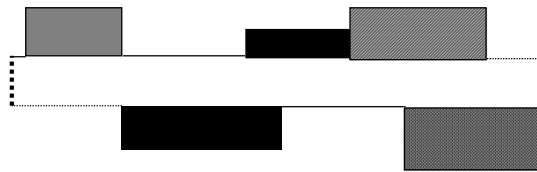
- **Aree verdi:**
 - Giardini botanici
 - Aree attrezzate per attività sportive
- **Spazi aperti:**
 - Aree ad uso agricolo
 - Aree incolte
 - Cave
 - Discariche

34

• **Specchi d'acqua:**

- Canali naturali e artificiali
- Linee fluviali
- bacini di invaso

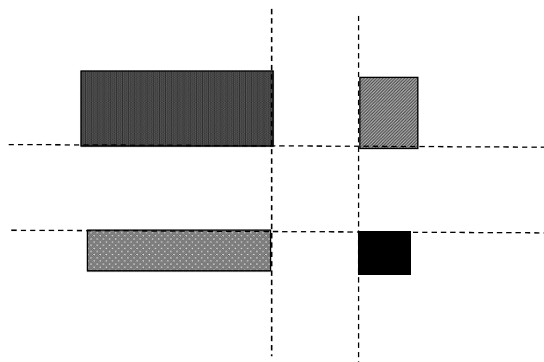
• **Tronchi:** il tronco è un tratto di strada delimitato longitudinalmente da tratti appartenenti alle categorie precedenti e trasversalmente da due tratti virtuali.



35

• **Nodi:** incrocio di due o più tronchi

per nodo si intende la superficie relativa ad una piazza, ad un largo, ad un'area ad essi assimilabile; rientrano in questa categoria le aree che costituiscono l'incrocio di due o più vie. Un nodo deve essere memorizzato con una spezzata chiusa, i cui lati possono essere o reali (parte del perimetro delle superfici descritte prima) o virtuali (linee di separazione con altri nodi o tronchi contigui).



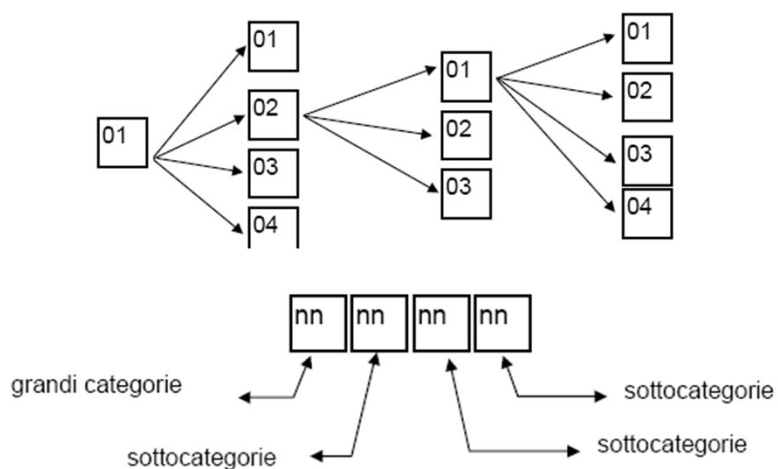
36

Sistema di codifica

- GRUPPO 1 - STRADE E FERROVIE
- GRUPPO 2 - FABBRICATI E MANUFATTI TECNICI
- GRUPPO 3 - ACQUE E MANUFATTI INERENTI LE ACQUE
- GRUPPO 4 - LINEE E CONDOTTE PER IL TRASPORTO DI ENERGIA, MATERIALI, PERSONE
- GRUPPO 5 - DIVISIONI DEL TERRENO
- GRUPPO 6 - FORME TERRESTRI
- GRUPPO 7 - VEGETAZIONE
- GRUPPO 8 - ALTIMETRIA
- GRUPPO 9 - ELEMENTI FITTIZI DI RAPPRESENTAZIONE
- GRUPPO 10 - LIMITI AMMINISTRATIVI

37

Codifica ad albero



38

I criteri fondamentali da seguire per definire una codifica per la cartografia

numerica sono i seguenti:

- le entità cartografiche fondamentali da codificare sono quelle definite nel testo "La formazione delle cartografie generali a grande scala (1:2.000, 1:1.000), guida alle scelte tecniche ed economiche" redatto dalla Commissione Geodetica Italiana (per cartografia tradizionale) integrate da altre categorie, quali tronchi e nodi stradali, perimetri di superfici asservite a infrastrutture, ecc.
- bisogna associare a ciascuna entità un codice di 8 cifre, la cui articolazione gerarchica segue la strutturazione per categorie già impostata nel testo della Commissione Geodetica

39

Codici

- Ferrovie ordinarie (codice 0101****)
- Tramvie (codice 0102****)
- Ferrovie particolari (codice 0103****)
- Edifici e manufatti (codice 0104****)

40

Codici

- Fabbricato viaggiatori di stazione 01040101
- Tettoia e servizio binari 01040102
- Pensiline di servizio dei binari 01040103
- Stazioni sotterranee 010402
- Fermate 010403
- Caselli 010404
- Scali merci 010405
- Gallerie 01040601
- Muri d'ala 01040602

41

ferrovie [01]		cremagliere [05]	
	edifici ferroviari [04]	fabbricato viaggiatori [01]	di stazione [01]
			ai binari [02]
		stazioni sotterranee [02]	
		fermate [03]	
		caselli [04]	
		scali merci [05]	
		gallerie [06]	
		ponti [07]	in c.a. [01]
			in ferro [02]
		viadotti [08]	in c.a. [01]
			in ferro [02]
		manufatti sovrastanti [09]	
		passaggi a livello [10]	

42

	principale [01]	autostrade [01]	
		superstrade [02]	
		strade ordinarie [03]	
	secondaria [02]	con fondo naturale [01]	
		carrarecce [02]	
		mulattiere [03]	
		sentieri [04]	
		sentieri difficili [05]	
		tratturi [06]	
	in costr. o disuso[03]	in costruzione [01]	
		in disuso [02]	
viabilità [02]			
	urbane [04]	marciapiedi [01]	
		aiuole [02]	
		viali alberati [03]	
		tronchi [04]	
		nodi [05]	
	particolari stradali [05]	stazione di rifornimento [01]	
		segnali chilometrici [02]	
		cippi [03]	
	ecc..		

43

	abitazioni [01]	abitazione [01]	
		corpi aggettanti [02]	edifici [01]
			sottoportici stradali [02]
			sottopassaggi [03]
	culto [02]		
	sociali[03]	ospedali [01]	
		scuole [02]	
		tribunali [03]	
		postali [04]	
		telecomunicazioni [05]	
		municipio [06]	
		sede provinciale [07]	
		sede regionale [08]	
edifici [03]			
	industriali [04]	stabilimenti [01]	
		capannoni [02]	
		tettoie [03]	
		lucernari [04]	
		pensiline [05]	
		silos [06]	
		ciminiere [07]	
		pozzi per miniera [08]	
		serre stabili [09]	
	costruzioni speciali [05]	cimiteri [01]	perimetro [01]
			edifici cimiteriali [02]
			lin. vestiz. cimitero [03]
		monumenti [02]	
		ruderi [03]	
		bastioni [04]	
		aeroporti [05]	perimetro [01]
			edifici aeroportuali [02]
			piste decollo [03]
			assi piste [04]
		idroscali [06]	
		ecc.	

44

codifica	definizione	rappresentazione grafica
03*****	EDIFICI E COSTRUZIONI	
0305****	<i>costruzioni speciali</i>	
030505**	areoporti	
03050501	perimetro di aeroporto	
03050502	edifici areoportuali	
03050503	piste di decollo	
03050504	assi delle piste di decollo	
03050501		

45

•Differenze tra C.N. e tradizionale: la congruenza

•Cartografia Tradizionale: la congruenza grafica

•l'errore nella ripetizione di misura di uno stesso punto (ad es. il primo e l'ultimo di un edificio) deve essere < dell'errore di Graficismo

•Cartografia Numerica: la congruenza geometrica

•un punto deve avere sempre le stesse coordinate ogni volta che viene coinvolto nella restituzione (funzioni di *snapping* del CAD)

46

•Autoconsistenza della C.N.

La corrispondenza tra un oggetto della realtà, l'entità che lo rappresentano e la primitiva geometrica che lo descrive deve essere univoca.

I dati saranno cioè strutturati in modo che ogni entità abbia una descrizione geometrica autoconsistente e non secondo una struttura topologica. Ciò significa l'eliminazione o l'aggiunta di un'entità dalla cartografia numerica non influisce sulla descrizione della geometria di tutte le altre, la quale rimane invariata.

Un'entità di tipo areale deve sempre esistere come entità autoconsistente, alla quale deve corrispondere una spezzata chiusa, anche se nelle visualizzazioni della cartografia numerica l'entità risultasse evincibile dal contesto.

47

Esempio di autoconsistenza della C.N.

In figura A è rappresentato un lago che ha come perimetro:

- il paramento della diga;
- parte del perimetro della struttura di servizio della diga;
- un tratto di costa del lago.

Nella cartografia numerica deve esistere *esplicitamente* come entità autoconsistente anche l'entità *lago*, che pur in parte si evince dal resto:

In figura B è visualizzata l'entità *lago* come deve apparire da sola.



48

•Congruenza della C.N.

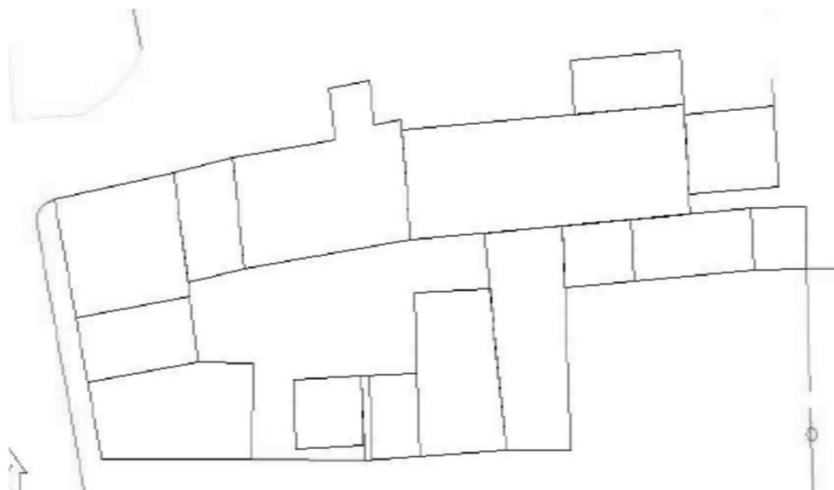
Uno stesso punto fisico del terreno che appartiene a due o più entità (vedi l'esempio del lago), viene memorizzato più volte, senza che ci sia un vincolo strutturale dei dati che obblighi all'uguaglianza delle coordinate planimetriche e della quota nelle varie memorizzazioni.

Questa caratteristica strutturale della cartografia numerica non esime dal rispettare criteri di congruenza geometrica sia in planimetria che in altimetria.

Questi criteri di congruenza hanno lo scopo di consentire di ricavare dalla cartografia numerica informazioni qualitative e metriche che non sia in contrasto con quella che è la realtà che essa rappresenta.

49

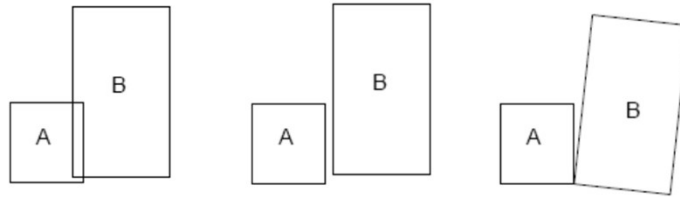
•Congruenza planimetrica



I vertici delle spezzate adiacenti
devono avere le stesse coordinate.

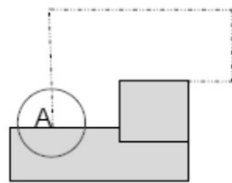
50

Congruenza planimetrica

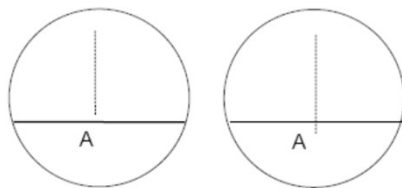


51

Congruenza geometrica



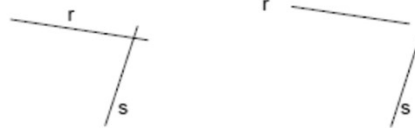
Cortile recintato. E' evidente che il muro di cinta è attaccato alla casa nel punto A.



52

Congruenza geometrica

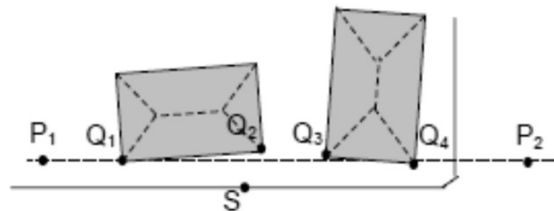
Intersezione e tangenza tra linee



53

Congruenza geometrica

(make_up)



54

Congruenza geometrica

Parallelismo

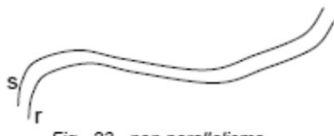


Fig. 23 - non parallelismo

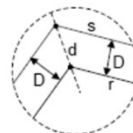


Fig. 24- generazione di una linea parallela

La Fig. 24 illustra il criterio di generazione della linea r a partire dalla linea s ; le linee tratteggiate rappresentano le bisettrici degli angoli formati da ciascun punto con il punto precedente e con il seguente. La costruzione della nuova linea avviene quindi con un punto di ritardo rispetto alla linea di riferimento. L'operatore dovrà indicare il "calibro" o distanza della linea da generare rispetto a quella di riferimento e l'algoritmo provvederà a calcolare le coordinate dei punti della linea r .

55

Congruenza geometrica

Squadratura e continuità

L'algoritmo di squadratura è ciclico e deve essere applicato a tutti i vertici dell'entità. Ogni volta saranno coinvolti nel calcolo, oltre al vertice in esame, anche il precedente e il seguente facendo attenzione ai casi particolari relativi al primo e all'ultimo punto della polyline che descrive l'entità. Bisogna definire un valore angolare limite α (massimo scarto rispetto a 90° , 180° o 270°) al disotto del quale l'angolo viene rettificato. La scelta di tale valore dipende da vari fattori quali il metodo di produzione della cartografia, la scala della rappresentazione, la tolleranza planimetrica di posizione dei punti, ecc... Un valore ammissibile può essere 5° | 10° .

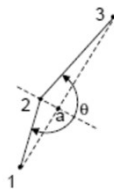


Fig. 26- condizione di allineamento

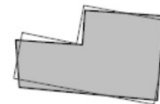


Fig. 25- squadratura di un edificio

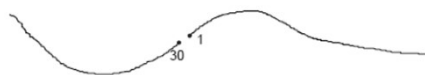
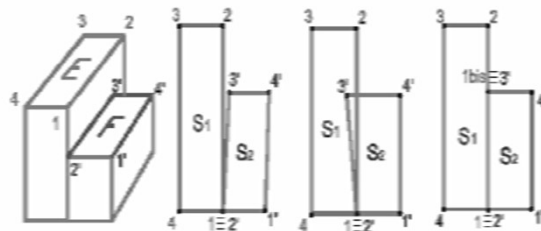


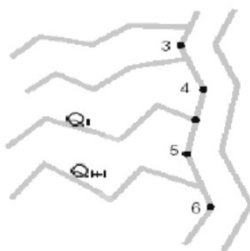
Fig. 28 - continuità

56

•Congruenza altimetrica



Quote in gronda di edifici adiacenti



Curve di livello in corrispondenza di una strada

57

Particolari Invisibili

Non tutti gli elementi geometrici memorizzati sono utilizzati per il disegno. Alcuni di essi sono previsti solo ai fini della costituzione della banca dati e vengono quindi detti "invisibili". L'"invisibilità" deve pensarsi come qualità (attributo) di un singolo elemento geometrico o di una sua parte.

Essa non serve cioè a raggruppare elementi ma a qualificare una loro proprietà. Gli elementi invisibili sono quindi "sparsi" nelle varie sottoclassi secondo convenienza.

Le linee invisibili possono ricadere sostanzialmente in una delle seguenti tipologie:

- 1) linee di costruzione (taglio) relative a poligoni a molteplice connessione;
- 2) linee di suddivisione dei poligoni che cadono su più fogli;
- 3) linee di sovrapposizione nel caso di elementi geometrici sovrappontisi in pianta o con tratti a comune.
- 4) linee relative a discontinuità altimetriche (linee di rottura del terreno).

E' prevista inoltre la possibilità di avere sia punti invisibili sia poligoni invisibili. un poligono risulterà invisibile quando tutti i punti che lo descrivono sono definiti invisibili.

58

Relazioni topologiche

Point - Point	Point - Line	Point - Area
<p>is within nearest to</p>	<p>on line nearest to</p>	<p>in area on area</p>
Line - Line	Line - Area	Area - Area
<p>intersect cross flow into</p>	<p>intersect border</p>	<p>overlap inside adjacent to</p>

Figure 2.4 Topological Relationships Between Spatial Objects

61

Geometria v.s. Topologia

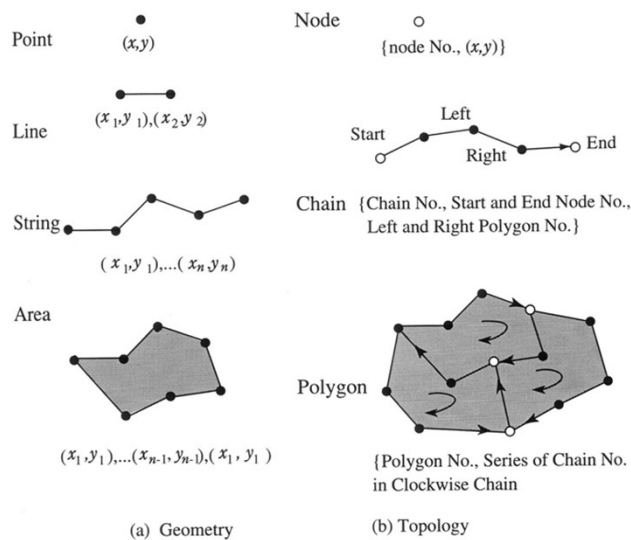
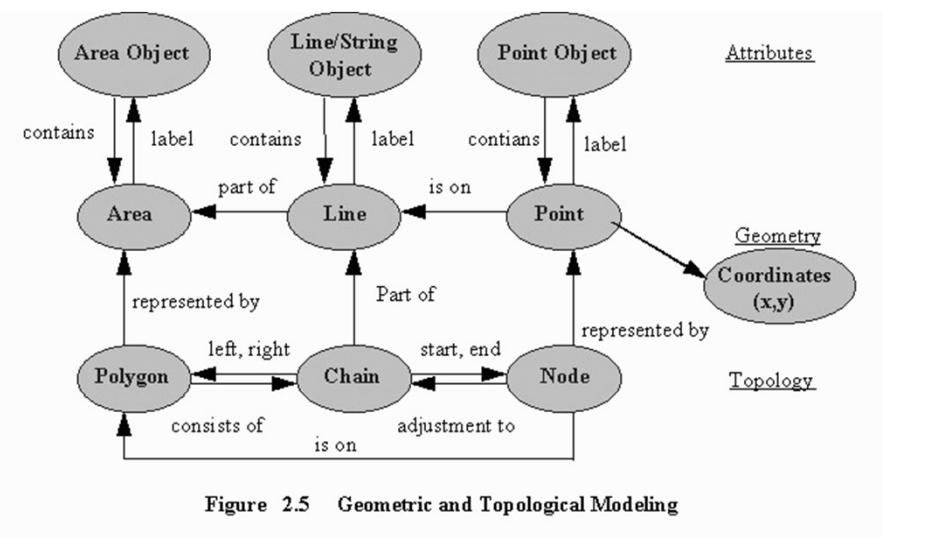


Figure 2.2 Geometry and Topology of Vector Data

62

Modello concettuale



63

Capitolato e Collaudo

Capitolato

Il Capitolato Speciale d'Appalto definisce le caratteristiche della C.N. da produrre e le modalità che devono essere rispettate nel corso del processo produttivo. Insieme alle normative vigenti, che devono essere sempre rispettate, costituisce l'elemento di confronto in base al quale la C.N. prodotta verrà accettata o rifiutata.

Il Capitolato definisce anche le norme amministrative, i tempi, le penali che la Ditta dovrà pagare in caso di ritardi, nonché le modalità del Collaudo in corso d'opera.

64

Il Collaudo in corso d'opera della C.N.

Il collaudo viene eseguito da un collaudatore incaricato che segue il corso completo dei lavori dall'aggiudicazione della gara d'appalto sino alla consegna finale del prodotto finito.

Il Collaudatore ha il compito di esaminare ogni fase della produzione della cartografia giudicandola positiva o negativa sulla base delle prescrizioni presenti nel Capitolato Speciale d'Appalto. In caso di collaudo con esito negativo di una fase, la Ditta ha la possibilità di correggere gli errori riscontrati sino ad un massimo di due volte. In caso una fase venga rifiutata per la terza volta, la Ditta perde l'incarico.

65

Fasi principali del Collaudo

- Verifica del piano di volo;
- corrispondenza del volo effettuato con il piano di volo progettato;
- Verifica della rete di inquadramento topografico
- Verifica della triangolazione aerea
- Controllo della restituzione (anche con la ripetizione di alcune zone campione)
- Verifica della ricognizione sul terreno
- Verifica dell'editing (controllo del corretto uso delle codifiche e del rispetto delle congruenze)
- Collaudo sul terreno
- Verifica dei documenti finali

66