

Processi e limiti della derivazione cartografica semiautomatica di una cartografia igm serie 25db da un database relativo alla ctr 10k

Fabrizio Niceta (*), Andrea Scianna (**)

(*) Dottore di ricerca in scienze del rilievo e della rappresentazione, libero professionista
Via terrasanta 93, 091300850, faniceta@gmail.com
(**) ICAR-CNR c/o DICA, Università degli Studi di Palermo
Viale delle Scienze, edif. 8, 0039 091 7028734, 0039 091 588853, andrea.scianna@cnr.it

Riassunto

Le restrizioni dovute alle continue crisi economiche rendono difficoltose alcune attività da parte di Enti Pubblici. Un caso tipico è quello dell'Istituto Geografico Militare autore di una vasta produzione cartografica, che negli ultimi anni non è stata più aggiornata.

Poiché l'attività di aggiornamento cartografico viene oggi condotta con una certa frequenza dalle regioni italiane per le carte tecniche regionali, emerge la possibilità di poter eseguire l'aggiornamento di talune carte derivate dell'IGM utilizzando le carte tecniche regionali a scala maggiore.

Tale considerazione induce a perseguire lo studio dei metodi di derivazione il più possibile automatizzati, fatto reso possibile dagli avanzamenti tecnologici nel campo dell'informatica e dell'informazione geografica in particolare.

Sulla base di tali considerazioni è stato condotto il lavoro che si presenta, nell'ambito del quale si è cercato di definire metodi e procedure per la derivazione di cartografia numerica a 1:25.000 a partire da carte tecniche, a più grande scala, di recente produzione nella regione siciliana.

Le tavolette alla scala 1:25.000 costituiscono infatti una Produzione cartografica di rilievo per l'IGM data anche la loro diffusione e la vastità del bacino di utenza. L'I.G.M. ha proposto una metodologia orientata alla derivazione della carta topografica alla scala 1:25000 da dati territoriali rilevati dagli Enti Regionali (passaggio 1:5000/1:10000 a 1:25000) integrando ove necessario i dati con ulteriori elementi rilevati.

Tale metodologia è stata presa come riferimento per la conduzione del lavoro illustrato.

L'operazione di derivazione richiede alcuni passi fondamentali quali:

- l'analisi delle specifiche delle due scale di rappresentazione GeoDBR (1:10000); DB25 (1:25000)
- la definizione del modello di dati del DB25 al quale dobbiamo giungere attraverso la derivazione
- l'analisi delle differenze tra i due modelli (GeoDBR e DB25)
- la definizione delle regole di derivazione del DB25 dal GeoDBR.
- la definizione del processo di generalizzazione che tradizionalmente si divide in due sottosezioni:
 - Generalizzazione semantica
 - Generalizzazione geometrica

Il lavoro condotto mostra come sia possibile applicare procedure il più possibile automatizzate che consentano di conseguire una significativa riduzione dei tempi e dei costi di produzione di cartografie a scala ridotta.

Sulla base del lavoro condotto viene quindi mostrato un esempio di derivazione cartografica applicato alla cartografia originale ctr10k, derivando per quanto possibile e limitatamente ai dati derivabili da tale db, il relativo 25db cioè la versione database della cartografia IGM 25000.

Abstract

The restrictions due to ongoing economic crisis make it difficult to carry out some activities by public bodies. A typical case is that the Military Geographic Institute author of an extensive cartographic production, which in recent years none have been more up to date.

As the activity map update is now being conducted with some frequency by the Italian Regions for the production of regional technical maps, the possibility, to derive certain IGM maps using the regional technical maps on a larger scale, now emerges. This consideration leads us to pursue the study of methods of derivation as automated as possible, thanks also to technological advances in information technology and geographic information in particular. The work here presented started from these considerations; in its development we tried to define methods and procedures for the derivation of numerical cartography at scale 1:25.000 from technical cartography at larger scale recently produced by Sicily Region Administration. Cartography at the scale of 1:25.000 Map is a production relevant to the IGM for the large diffusion to a large number of users. The I. G.M. also proposed a methodology oriented to the derivation of topographic map at 1:25.000 scale from spatial data to be collected by the Regional Authorities (step 1:5000 / 1:10000 to 1:25000) integrating where necessary with additional data elements collected.

This methodology has been taken as a reference for the development of the work here described.

The operation of derivation requires some basic steps such as:

- analysis of the specific of the two scales of representation GeoDBR (1:10000), DB25 (1:25000)
- the definition of the process of generalization that is traditionally divided into two subsections:
 - semantic Generalization
 - geometric Generalization
- the definition of the data model to which we have to come through DB25 derivation
- analysis of the differences between the two models (GeoDBR and DB25)
- the definition of the rules derived from the DB25 GeoDBR.

The work carried out shows that it is possible to apply automated procedures to allow as much as possible to achieve a significant reduction in the time and cost of production for small scale maps.

On the basis of the work carried out, an example of derivation of cartography at 1:25.000 map scale from CTR10K.

Basi teoriche

Il processo di derivazione cartografica come insieme di processi di generalizzazione.

Con l'espressione "Derivazione Cartografica" si intende l'insieme di quei processi di "generalizzazione" necessari per ottenere una visualizzazione più chiara di una cartografia ad una determinata scala riducendo i dettagli o eliminando gli elementi meno importanti ed esaltando i livelli su cui porre l'interesse.

Le fasi della derivazione cartografica GeoDBR (1:10.000) → DB25 (1:25.000) si possono così riassumere:

- Analisi delle differenze tra i 2 modelli (GeoDBR e DB25);
- Definizione delle regole di derivazione del DB25 dal GeoDBR: non semplice riduzione di scala, ma:
 - accorpamenti (edifici), dipendenti dal contesto;
 - trasformazioni di elementi areali in lineari (idrografia);
 - rappresentazioni mediante simboli;
 - modifiche delle dimensioni (viabilità);
 - conseguenti spostamenti di oggetti.
 - definizione di un modello dei dati del DB25;
 - altri processi di generalizzazione cartografica.

In particolare analizziamo le fasi (processi di generalizzazione) che costituiscono la derivazione cartografica:

L'espressione "generalizzazione cartografica" indica un insieme di procedure, facenti parte della più ampia attività di derivazione, atte a realizzare una rappresentazione dell'informazione geografica il cui livello di dettaglio dipende dalla scala di visualizzazione che si intende adottare.

L'obiettivo di questo tipo di tecniche è la produzione di cartografie a scale minori rispetto a quella originale; per tale motivo, nel processo di generalizzazione, si effettuano operazioni più o meno complesse atte a variare il contenuto della cartografia stessa (Keates, 1989).

Il processo di generalizzazione cartografica si applica ad un insieme di dati in ingresso precedentemente gerarchizzati e codificati secondo ben determinate specifiche rispondenti agli standard utilizzati a livello nazionale e/o europeo.

I dati di ingresso vengono quindi interpretati (Il computer deve essere in grado di leggere i dati), subiscono procedure di astrazione (Il computer deve essere in grado di interpretare i dati) ed infine di rappresentazione (E' necessario insegnare al computer cosa fare con i dati).

La generalizzazione geometrica cartografica è un processo che si applica ad entrambi i formati grafici, RASTER e VETTORIALE a differenza della generalizzazione semantica ch'è un processo che si applica al solo formato vettoriale.

FORMATO RASTER	FORMATO VETTORIALE
	Generalizzazione Semantica
Generalizzazione Geometrica	Generalizzazione Geometrica

Nel caso di cartografie raster si possono trattare cartografie monocromatiche o a colori.

Nel caso di una cartografia monocromatica, la generalizzazione avviene tramite una semplice riduzione di scala ed uno sfoltimento delle informazioni grafiche superflue.

Nella derivazione del formato raster a colori si procede innanzi tutto ad una riduzione di scala.

Una volta ridotta la scala bisogna eliminare gli elementi grafici che non fanno parte delle specifiche cartografiche inerenti alla scala scelta per la derivazione.

Tali elementi grafici in genere sono classificati da diverse campiture e coloriture.

A differenza della carta monocromatica, la presenza del colore aiuta ad identificare gli elementi cartografici che devono essere rimossi.

Nella derivazione del formato vettoriale si procede prima ad un confronto tra gli elementi che caratterizzano la rappresentazione alla scala derivata con quella di origine per poi individuare:

- elementi che possono essere trasferiti sic et simpliciter;
- elementi che devono essere eliminati;
- elementi che devono essere trasformati;

La generalizzazione cartografica eseguita da operatore umano richiede un gran numero di risorse in termini di tempo ed attenzione, ed è per questo che ancora oggi la ricerca su procedure di generalizzazione cartografica automatica rimane un tema di estrema importanza.

Si rendono necessari processi di generalizzazione cartografica sia per la produzione di cartografie, sia per la derivazione da una scala arbitraria da una database principale, ed infine per l'aggiornamento automatico di un database multiscala; pertanto i metodi di generalizzazione si possono ritenere un prerequisito per una mappatura dinamica che rispetta le scale e le posizioni.

L'obiettivo degli enti di produzione cartografica è quello di derivare automaticamente una cartografia ad una scala arbitraria usando come sorgente una singolo dettagliato database cartografico ad alta risoluzione.

Un tale database renderebbe possibile lo "storage" ed il mantenimento di dati geografici e contemporaneamente, se esistessero algoritmi di generalizzazione totalmente automatici, la derivazione ad una scala arbitraria dello stesso database.

Fino a che non si svilupperanno tali algoritmi i dati geografici saranno conservati in database chiamati “multiscala” che contengono diversi “dataset” a scale differenti. (Kilpeläinen and Sarjakoski 1995). Attualmente la cartografia viene prodotta da tali dataset.

I software commerciali GIS comunemente venduti offrono funzionalità per creare facilmente cartografie da dati spaziali e permettono tra l'altro di eseguire elaborazioni per la generalizzazione.

Possiamo distinguere due modalità di intervento:

- la generalizzazione della descrizione semantica degli oggetti;
- la generalizzazione cartografica.

La prima è riferita all'estrazione di informazioni specifiche dai dati sorgente (data set) e la loro immissione in un database principale da cui derivare successivamente nuove basi di dati, con meno dettagli rispetto al principale, per l'analisi ed eventuali applicazioni a scale diverse.

La generalizzazione cartografica produce invece risultati grafici o visualizzazioni del database, quali carte stampate o raster a scale diverse.

Purtroppo non esistono ancora algoritmi in grado di attuare in maniera totalmente automatica dei processi di generalizzazione che dipendono, comunque, fortemente dalla capacità umana di pianificare, strutturare e rappresentare i fenomeni del mondo reale per il fatto di avere una conoscenza globale sia della loro rappresentazione grafica che delle importanti interconnessioni logiche che ne regolano le dipendenze. L'attuale ricerca nel campo della generalizzazione è tutta rivolta al raggiungimento di un adeguato grado di automazione di tali operazioni, tuttavia questo traguardo dipende dallo sviluppo di algoritmi di riconoscimento automatico dei modelli, tecnologia non ancora disponibile nell'attuale generazione di software dedicati ai GIS e alla cartografia.

Nel corso degli anni sono stati messi a punto diversi operatori per la generalizzazione geometrica, in particolare è notevole l'opera compiuta da McMaster e Shea a partire dal 1989 ed ai cui lavori oramai ci si riferisce per le comuni applicazioni.

Alcuni tra i più importanti operatori per la generalizzazione geometrica sono stati suddivisi sulla base delle primitive sulle quali agiscono o su gruppi di esse.

- *Unione (aggregation)* fonde in un unico elemento oggetti che precedentemente erano separati o distinti. La scelta degli oggetti da sottoporre a questi tipo di operazione si basa su considerazioni di tipo semantico.
- *Tipificazione (typification)* riduce la complessità di un gruppo di oggetti attraverso la loro eliminazione, riposizionamento, allargamento o aggregazione mantenendo la disposizione tipica di quegli oggetti;
- *Dislocamento (displacement)* indica il movimento di un oggetto, mantenendo la forma invariata;
- *Allargamento (exaggeration)* definisce un locale incremento (o diminuzione) di un oggetto, la sua forma si modifica. Si usa quando, a causa della riduzione di scala, elementi importanti non risultano più leggibili e chiari;
- *Trasformazione (collapse)* trasforma oggetti areali in punti o linee risolvendo la progressiva mancanza di spazio in una cartografia derivata. Il metodo più semplice per ottenere questo risultato è generare un centroide per l'area e utilizzare il punto risultante per localizzarla sul territorio;
- *Eliminazione (elimination)* rimuove un oggetto (punti, linee e aree) da una categoria di dati. Tale processo viene mediato attraverso l'applicazione di misure di prossimità di elementi appartenenti alla stessa classe;
- *Accrescimento (enlargement)* indica un globale incremento della forma di un oggetto;
- *Semplificazione (simplification)* riduce la granularità dei contorni di linee e aree. In pratica si produce una versione semplificata dell'oggetto eliminando la ridondanza di punti. Può essere utilizzato con successo l'algoritmo di Douglas e Peucker;
- *Lisciamento (smoothing)* addolcisce il contorno di un oggetto dopo che questo è stato sottoposto all'operazione di semplificazione.

Il processo di derivazione cartografica come insieme di processi di generalizzazione

Le fasi della derivazione cartografica GeoDBR (1:10.000) → DB25 (1:25.000)

si possono così riassumere:

Analisi delle differenze tra i 2 modelli (GeoDBR e DB25);

Definizione delle regole di derivazione del DB25 dal GeoDBR: non semplice riduzione di scala, ma:

- accorpamenti (edifici), dipendenti dal contesto;
- trasformazioni di elementi areali in lineari (idrografia);
- rappresentazioni mediante simboli;
- modifiche delle dimensioni (viabilità);
- conseguenti spostamenti di oggetti.
- definizione di un modello dei dati del DB25;
- altri processi di generalizzazione cartografica.

In particolare analizziamo adesso le fasi della derivazione cartografica:

Generalizzazione semantica

La determinazione dei contenuti informativi in una cartografia è notevolmente facilitata dall'esistenza di strutture gerarchiche della banca dati sorgente.

Due operazioni sono particolarmente importanti nella gestione ed elaborazione di tali strutture:

- **classificazione**
- **aggregazione.**

La *classificazione* è l'operazione sulla struttura gerarchica più familiare in quanto è possibile selezionare un vasto numero di schemi di suddivisione e ripartizione, che permettono di classificare ed accorpare tutti gli elementi da rappresentare che hanno caratteristiche comuni in uniche entità (un esempio è l'accorpamento di diverse classi di fiumi in un'unica classe già sufficiente alla rappresentazione a scale ridotte).

Attraverso la classificazione è possibile operare una prima divisione degli elementi in classi più grandi, come l'idrografia, i trasporti o l'edificato. Sarà, inoltre, possibile effettuare un'ulteriore suddivisione in base ad altri criteri, legati alle finalità che la cartografia derivata dovrà soddisfare.

Una volta che i dati sono stati classificati gerarchicamente usando concetti rilevanti per le finalità preposte, è possibile derivare nuove regole per la selezione delle informazioni sulla base della loro posizione all'interno delle gerarchie stesse.

L'*aggregazione* concerne la composizione di particolari fenomeni che possono essere usati per rappresentare particolari oggetti o parte di essi.

Basti pensare a tutti quei casi in cui, il passaggio a scale minori, contestualmente alla diminuzione di dettagli geometrici, pone il problema di trovare nuove strutture di riconoscimento di aggregazioni di elementi per i quali il database prevede solo informazioni legate alle singole parti.

In base a questa prima selezione deve essere avviato un processo di identificazione degli oggetti della rappresentazione al fine di individuare il loro grado di importanza all'interno dei processi decisionali e procedere verso una loro gerarchizzazione funzionale; punto di partenza per questa operazione è la generazione di nuovi livelli informativi (layer).

A causa della cronica inadeguatezza riportata dalle cartografie numeriche oggi prodotte, il contenuto informativo da esse riportate risulta essere fortemente limitato da esigenze di tipo grafico.

Il trattamento degli oggetti all'interno del sistema informativo risente di queste problematiche e impedisce una piena attuazione delle metodologie sopra considerate.

In virtù di ciò, le operazioni di astrazione logiche sono circoscritte a quegli elementi che, garantendo piena congruenza, riescono a veicolare pienamente le informazioni geografiche originali.

Generalizzazione geometrica

Dopo aver effettuato la generalizzazione semantica, nella quale sono state determinate le categorie di oggetti da mantenere, con o senza modifiche, si passa alla generalizzazione geometrica.

L'obiettivo di questa operazione è quello di ottenere una rappresentazione derivata chiara e leggibile.

Infatti, la riduzione di scala di una carta è solitamente accompagnata dalla riduzione degli oggetti visibili, così come l'ampliamento e/o l'ingrandimento di oggetti considerati fondamentali che altrimenti non potrebbero essere visibili a quella scala.

Questi cambiamenti nelle dimensioni possono portare a casi di sovrapposizione tra elementi adiacenti.

L'obiettivo è allora quello di operare anche nel senso di un nuovo dislocamento degli elementi al fine di restituire chiarezza alla rappresentazione.

Regole ed Algoritmi di generalizzazione

Per rendere operativi i procedimenti su descritti, questi si debbono applicare ai diversi strati informativi delle cartografie di origine;

in particolare si pone l'attenzione su:

- derivazione curve di livello;
- generalizzazione dell'idrografia;
- generalizzazione dell'edificato;
- generalizzazione della viabilità;
- altri strati informativi.

Di seguito viene illustrata la procedura adottata per l'estrazione di curve di livello a 25m utilizzando come sorgente il db relativo alla CTR (carta tecnica regionale) della regione Sicilia e pertanto con curve di livello ogni 10m..

La generalizzazione degli altri strati informativi sarà oggetto di successivi rapporti scientifici .

Il Processo nella creazione del layer orografia 25db

Una volta confrontate le specifiche delle cartografie da derivare e di quelle di destinazione e selezionati i livelli necessari alla derivazione voluta si procede ad effettuare le operazioni necessarie per la restituzione dell'altimetria e degli oggetti concorrenti alla formazione del DTM da cui poi si genereranno le nuove curve di livello.

È necessaria la creazione di un modello digitale del terreno, utilizzando sia dati planimetrici sia dati altimetrici memorizzati nei files a disposizione.

Della planimetria vengono utilizzati gli oggetti della rete idrografica e le linee di riferimento delle scarpate.

Dell'altimetria vengono utilizzati i punti quota e degli oggetti particolari denominati "Break points" e "Break lines".

Algoritmo di trasformazione curve di livello con una equidistanza di 10m ad una equidistanza di 25m.

L'algoritmo sviluppato in *python* per Arcgis permette di concatenare in un'unica azione complessa tutte i singoli passaggi necessari per la trasformazione di una serie di curve di livello con equidistanza 10m in una serie di curve di livello con equidistanza 25m identificandone le direttrici.

Il punto di partenza sono curve di livello ogni 10m (fig.1) tratte dal database di una carta tecnica regionale alla scala 10.000; considerando tali curve unite al layer "punti quotati" si può realizzare un modello digitale del terreno con una risoluzione a terra di 5m (1 pixel=5x5m come l'errore di graficismo alla scala selezionata.

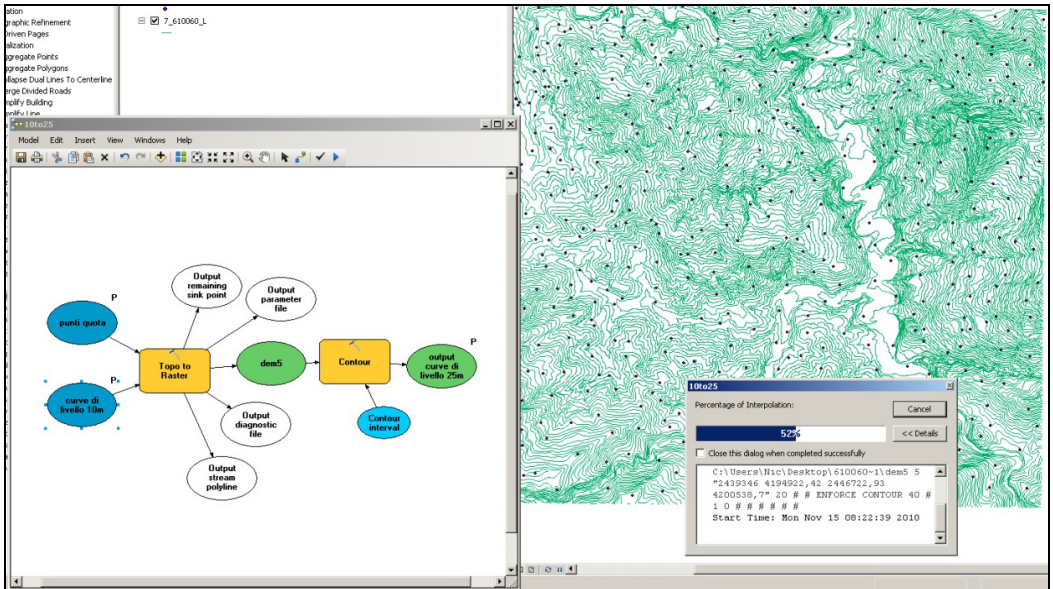


Figura 1 – Dati di partenza: Modello e curve di livello con equidistanza 10m senza break lines.

Da un DEM così generato si possono estrapolare le curve di livello con una equidistanza pari a 25m considerando tutti layers lineari (oltre le stesse curve di livello) come linee di discontinuità rappresentate da: strade, edifici, fiumi, ed altri elementi del territorio.

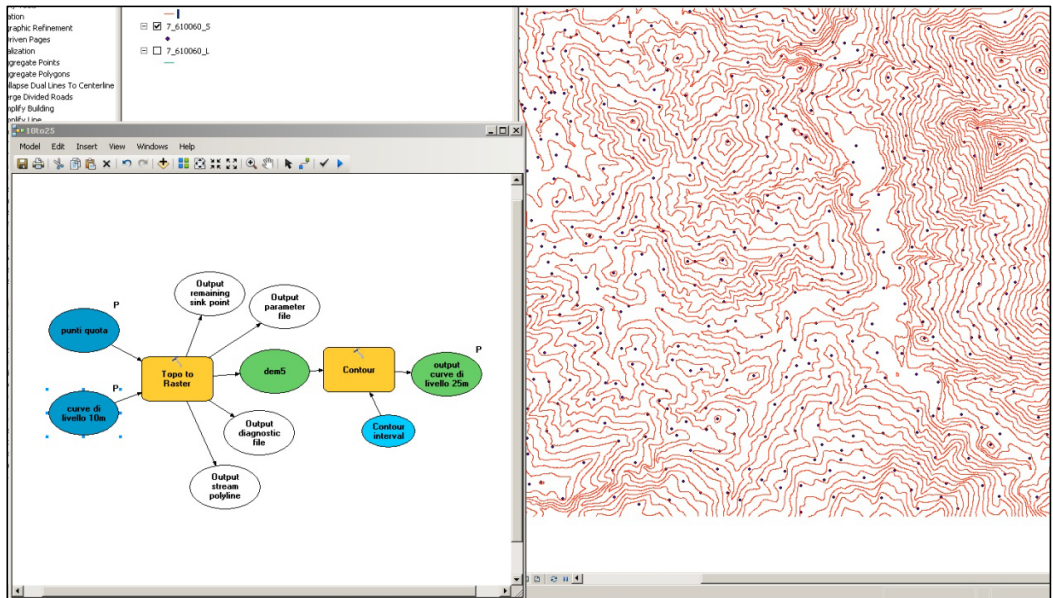


Figura 2 – Creazione dem ed estrazione curve con equidistanza 25m senza break lines.

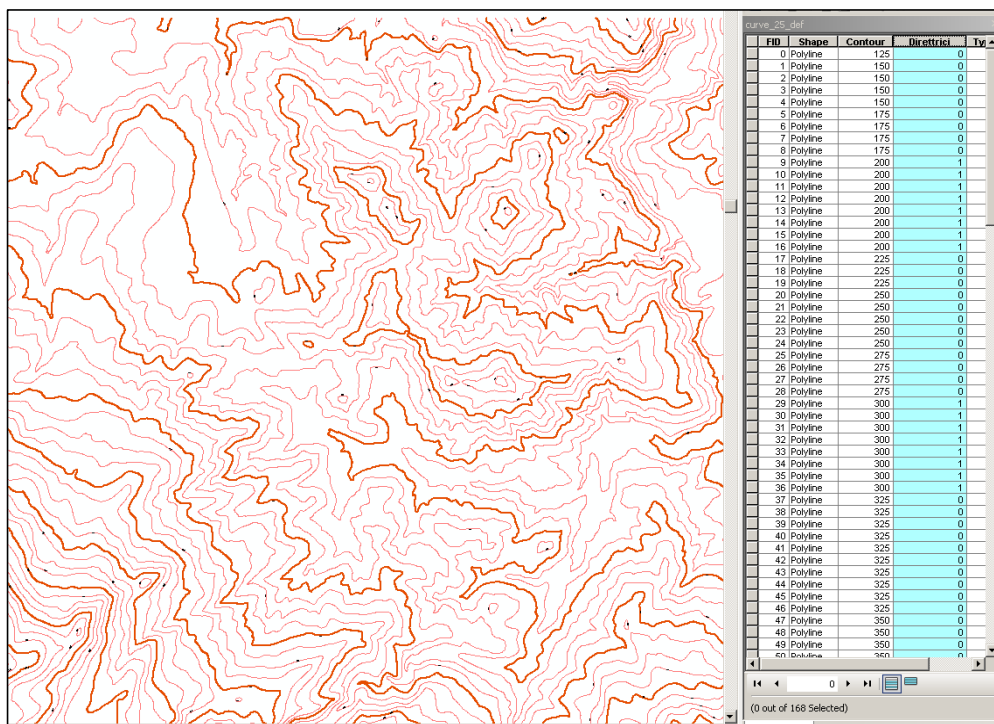


Figura 3 – Output curve di livello con equidistanza 25m generato con break lines (in azzurro l'identificativo direttrici)

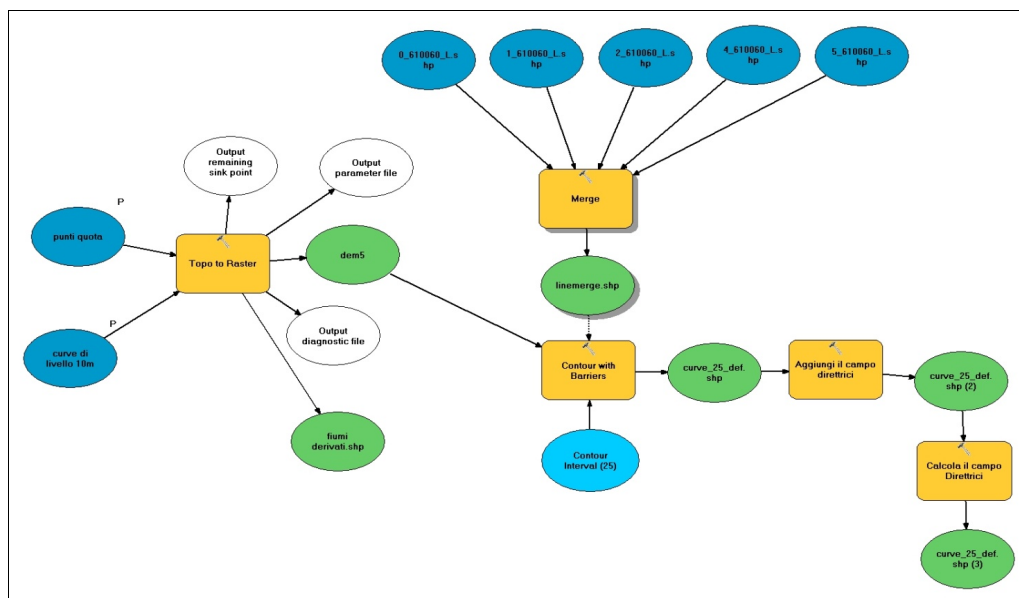


Figura 4 – Modello completo di creazione dem, curve ogni 25m con punti di discontinuità e break lines, campi db riferiti all'identificazione delle direttrici.

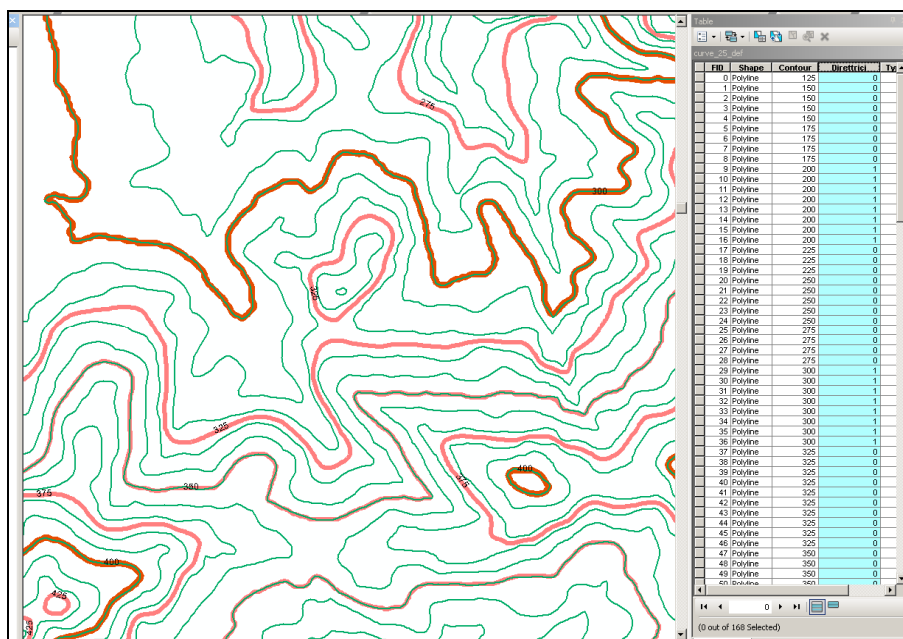


Figura 5 – Confronto curve di livello 10m(verdi) e 25m(rosse).

Un'ulteriore necessità è quella di identificare le curve di livello la cui quota risulta essere multipla di 100: “curve direttrici”. A tale scopo viene creato nel database un campo apposito derivante da un piccolo algoritmo che individua le curve che rispondono a tale criterio ed assegna da esse l'identificativo “1”. In questa maniera, in fase di vestizione del layer curve di livello 25 vengono direttamente identificate quelle che sono le direttrici.

I risultati delle elaborazioni sulla base della procedura qui descritta sono riportati nelle figure 3 e 5.

Conclusioni

I risultati ottenuti nella derivazione alla scala 1:25.000 si sono rivelati nel complesso apprezzabili, vengono rispettate le tolleranze planimetriche previste per quella scala e viene mantenuta la densità originaria degli oggetti rappresentati. Anche dal punto di vista semantico permangono tutte le caratteristiche di rilevanza per la scala derivata consentendo, oltre ad una buona leggibilità, anche una facile lettura del territorio da essa rappresentato.

I dati ottenuti pertanto sono soddisfacenti ma in ogni caso non ancora tali da non permettere di raffrontare la carta derivata con metodologia semi-automatica quelle derivate con metodologie manuali e/o interattive. La qualità globale della derivazione ottenuta si mantiene entro limiti accettabili nel passare dalla scala 1:10.000 fino a quella 1:25.000.

L'informazione geometrica contenuta nei dati cartografici appare sufficiente a guidare il processo nelle derivazioni verso carte a grande e media scala nelle quali la rappresentazione è prevalentemente metrica.

Nelle derivazioni a piccola scala, i processi di selezione e classificazione semantica diventano sempre più marcati, in quanto la rappresentazione diventa, spesso, simbolica mentre gli oggetti vengono conservati in relazione all'importanza che la loro presenza assume per gli scopi della carta. Si manifesta quindi l'esigenza di aumentare la quantità di informazione semantica contenuta nella base dati originaria modificandone la tipologia e la struttura onde consentire la definizione delle relazioni tra le diverse entità, nonché gli ambiti omogenei nei quali intervenire con le operazioni di derivazione.

Mentre la carta numerica a grande scala, che contiene l'informazione geometrica a maggior grado di definizione, può venire generalizzata verso scale più piccole e, quindi, verso livelli di dettaglio decrescenti, la base dati associata deve essere realizzata direttamente secondo una logica multiscala. Questo aspetto rappresenta la prossima sfida nell'ambito delle operazioni di generalizzazione automatica; inoltre è in linea con le scelte operate in seno al gruppo di lavoro WG01 dell'Intesa GIS, al fine di permettere il passaggio verso una configurazione a database unico, a partire da informazioni territoriali e ambientali a grande scala verso tutte le scale inferiori. Nonostante tutte le ricerche e i risultati raggiunti, non è ancora in vista la possibilità di una soluzione completa al problema della generalizzazione automatica. Per quanto facilitato dagli strumenti sviluppati, il processo di generalizzazione richiede tuttora l'intervento manuale del cartografo. I modelli e i processi di generalizzazione esistenti sono in grado di risolvere localmente problemi specifici. Potrebbe essere interessante puntare ad un sistema integrato. Sicuramente non siamo ad uno stadio risolutivo del problema derivazione ma continuiamo una ricerca volta a creare un processo di derivazione cartografica FULL- AUTOMATED.

Riferimenti bibliografici

- ARTHUR H. ROBINSON & ALTRI (1995), *Elements of cartography*, J. Wiley & Sons
- BIANCHIN A., MARTINUCCI D. (2003), *Generalizzazione cartografica: stato dell'arte*, Atti VII Conferenza Nazionale ASITA, Verona
- CUÉNIN R. (1972), *Cartographie générale*, Eyrolles, Paris
- Documenti interni I.G.M. sull'esperienza di Monselice (2001), Firenze
- Documenti interni I.G.M. sull'esperienza di Gattinara (2008), Firenze
- ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE (2004), *Collezione dei Testi Tecnici, Norme e segni convenzionali per la realizzazione dei fogli della Carta d'Italia alla scala 1:50000*, Firenze
- Specifiche I.G.M. di derivazione del DB25 da geoDRN (2009), Firenze
- UNIVERSITÀ DI PADOVA (2007), *Secondo rapporto Progetto CARGEN: proposte per il modello dei dati del DB25*, Padova
- M. Galanda (2003), *Automated polygon generalization in a Multi Agent System*, Ph.D. Tesi Università di Zurigo
- Bard S., (2003), *Evaluation of generalization quality*, V Workshop on Progress in Automated Map Generalization, Paris 28 – 30 April 2003
- Falchi E. et al., (2002), *La derivazione cartografica in ambiente GIS della CTR numerica della Regione Autonoma della Sardegna alla scala 1:5.0000*, Atti della V Conferenza Nazionale ASITA, Perugia 2002, Vol. II: 775-780
- Reichenbacher T. (2001), *The world in your pocket- towards a mobile cartography*, in Proceedings SVG Open 2002, Zurigo
- Ruas A. (2001), *Automatic Generalisation Project: Learning Process from Interactive Generalisation*, OEEPE Official Publication N. 39
- ESRI (2000), *Map Generalization in GIS: Practical Solutions with Workstation ArcInfo Software*, Technical Papers section of ArcOnline at <http://arconline.esri.com>
- Falchi E. et al., (2000), *Trattamento della CTR numerica della Regione Sardegna per la organizzazione dei dati geografici nel SIT*, Atti della 4a Conferenza Nazionale ASITA, Genova 2000, Vol. II: 775-780
- Peter B., Weibel R. (1999), *Using vector and raster-based techniques in categorical map generalization*, 3rd ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization, Ottawa 1999
- Müller J. C. et al., (1995) *GIS and Generalization: Methodology and Practice*, Taylor & Francis, London
- Morrison J.L. (1994), *The paradigm shift in cartography: the use of electronic technology, digital spatial data, and future needs*, in Proceedings 6th International Symposium on Spatial data Handling, Edimburgo
- Documenti di Specifica di contenuto dell'IntesaGis, 1n1007, CNIPA (2010), edizioni Pallino, Roma, 55-69