

Generalizzazione cartografica tra ricerca e applicazione

La Cartografia Tecnica Regionale delle Marche

di Stefano Bellesi

Il termine *generalizzazione cartografica* sta ad indicare il processo o le procedure per il passaggio da una scala all'altra degli elementi cartografici di una data porzione di territorio. Il tutto ha un impatto pratico non indifferente: si pensi alla cartografia sul web e sui navigatori satellitari, ma anche semplicemente alla derivazione di una cartografia 1:25.000 da una 1:10.000.

Nell'articolo che segue, GEOmedia presenta la disamina pratica della problematica, in cui la tecnologia deve essere affiancata dalla filosofia geografica.

Il problema della generalizzazione cartografica è uno dei temi principe nel dibattito cartografico tra gli addetti ai lavori. La cartografia multiscala rappresenta infatti una delle chimere dell'era digitale e, man mano che i DB cartografici si sono popolati di informazioni, ha dimostrato la sua realtà. L'orientamento è quello di automatizzare al massimo tutte le procedure prendendo in considerazione quelle che sono le esigenze della rappresentazione. La complessità del problema e la necessità di dover elaborare database topografici attenendosi a determinate specifiche rendono le funzioni di cui sono dotati i software più diffusi in commercio non sempre adeguate a garantire l'affidabilità del risultato. Per questo è necessario predisporre degli applicativi per la personalizzazione della toolbar e strutturare il database in modo da sfruttare il linguaggio SQL. Queste tematiche sono state oggetto del Progetto Finalizzato "Prototipo per la derivazione dalla scala 1:10.000 alla scala 1:25.000" che ha riguardato l'elaborazione della sezione 292-III della cartografia della Regione Marche, secondo le specifiche dell'IGMI.

Supporti cartografici

I dati di partenza sono i database topografici di quattro elementi della Cartografia Tecnica Regionale (CTR) 1:10.000 (292090, 292100, 292130, 292140) in formato Mapinfo ottenuti dalla conversione dei corrispondenti file dxf senza vestizione. Ad ogni oggetto è associata una riga della Tabella 1 in cui sono definiti il codice, corrispondente al campo Livello, e la primitiva geometrica e topologica.

La classificazione di tutte le entità presenti nel DB10K è organizzata in nove strati informativi:

Orografia – Idrografia – Vegetazione - Comunicazioni ferroviarie – Viabilità - Edifici e costruzioni - Limiti Amministrativi - Punti di posizione nota - Toponomastica.

Ad ogni elemento della CTR corrisponde un unico file con tutti gli oggetti senza distinzione per la primitiva geometrica e senza alcun vincolo topologico. Per questo motivo è stato necessario sostituire gli strati del DBPrior10K, elaborati dalla CTR secondo le specifiche dell'Intesa, con ciò che era affine per definizione con il DB10K, e rimandare la correzione topologica complessiva al termine della derivazione, riducendo l'*editing* manuale.

L'impiego di altri supporti cartografici quali la CTR 1:2000 (realizzata su volo del 1989-90-91 per i soli centri abitati), il DTM, le ortofoto AIMA 1996, le Aree Protette, i dati ISTAT2001 è stato indispensabile per la fotointerpretazione, la classificazione, la digitalizzazione e l'inserimento di nuovi oggetti richiesti per il DB25K, ma non presenti nel DB10K. L'ambiente di lavoro ha coinvolto i software: Mapinfo 7.0, il compilatore Mapbasic, TNSarch 3.3 e Arcgis 9.1.

Generalizzazione dei dati

Il DB10K è stato innanzitutto confrontato con il DB25K. Per ogni codifica sono stati evidenziati i seguenti aspetti:

- ✓ strato informativo di appartenenza
- ✓ primitiva geometrica di origine
- ✓ natura della rappresentazione
- ✓ operazioni per il passaggio di scala

Il raggruppamento in strati informativi permette di stabilire le relazioni logiche e/o spaziali tra gli oggetti che li costituiscono, tra uno strato e l'altro e, di conseguenza, l'ordine di elaborazione dei dati. Il DB25K, in particolare, si suddivide secondo undici livelli:

Altimetria – Confini – Geomorfologia – Idrografia – Industrie – Insediamenti – Servizi – Simboli - Toponomastica – Trasporti - Vegetazione.

Tabella 1 – Il data base della CTR 1:10000 (DB10K).

Id	Tipo	Livello	Descrizione	Sezione	Quota_1	Quota_2
1	Punto	20401	Pozzo	292090	374,65	374,65
230	Regione	31301	Vigneto	292100	400,5	400,5
750	Polilinea	50301	Sentiero	292130	574	250,76

L'analisi delle codifiche ha messo in evidenza come il passaggio al nuovo valore di classe non sempre è immediato. Infatti in mancanza di corrispondenza fra le definizioni o in caso di oggetti non previsti nel DB10K, potrebbero essere necessari altri dati o procedure di *spatial analyst* con *fuzzy tolerance* pari a 10 metri (ovvero il doppio dell'errore di graficismo). Le tabelle 2 e 3 mostrano alcuni dei casi riscontrati. La primitiva geometrica è importante per determinare l'insieme delle regole topologiche da verificare e quindi diviene fondamentale per strutturare il geodatabase (Tabella 4). Alcuni oggetti con la derivazione cambiano primitiva e ciò può creare delle incongruenze non presenti nel DB10K di partenza. Nel caso della cava il passaggio si realizza disegnando il nuovo oggetto coerentemente a tutti i poligoni adiacenti e alle scarpate che delimitano il fronte di scavo. Negli altri casi, invece, il punto si crea dalle coordinate del centroide degli oggetti di partenza. I cimiteri piccoli si scelgono se la loro superficie è minore di quella reale occupata dal relativo simbolo previsto per il DB25K. Le baracche, invece, sono individuate dopo un *dissolve* con gli edifici generici. Nella viabilità, sebbene con la *query* "*objectlength (obj)<25*" sia facile estrapolare i ponti e trasformarli in elementi puntuali, occorre mantenere invariata la continuità dei percorsi stradali. Questo ha comportato lo sviluppo di un applicativo che, contando il numero N degli archi convergenti su ogni nodo e valutando la variazione di N, consente di individuare i cambiamenti del grafo ed eseguire le correzioni (S. Bellesi, E.S. Malinverni – 2006). La natura della rappresentazione è il fattore che più condiziona la derivazione cartografica. Le scale 10K e 25K garantiscono una restituzione degli oggetti sia a misura che simbolica. La grandezza dei simboli convenzionali adottati è generalmente superiore a quella dell'oggetto reale e le loro dimensioni tendono ad aumentare con la diminuzione della scala. Ne consegue quindi che per migliorare la leggibilità della rappresentazione, occorre sfolire gli oggetti, se ridondanti o non indispensabili per l'individuazione dei luoghi, e semplificarne la geometria (Tabella 5).

DB10K		DB25K		Classificazione
Livello	Descrizione	Sigla	Descrizione	
50104	Strada non asfaltata	L303B	Strada a due o tre corsie larga almeno 7 metri a fondo leggero	Foto - interpretazione con Orto-foto AIMA 1996
		L304B	Strada a due o tre corsie di larghezza compresa fra 3,50 e 7,00 metri a fondo leggero	
		L305A	Strada ad una corsia compresa fra 2,50 e 3,50 metri a fondo leggero	
64101	Elementi divisorii	L306	Carrareccia	Contains con le aree di ingombro dei nastri stradali della rappresentazione
		L339B	Muro lungo A1/A2	
		L339C	Muro lungo A3/A4/A5/A6/A7/ Ferrovia	
		L341	Palizzata/Rete/Filo spinato	
80601	Punto quotato	P1003A	Quota topografica al suolo	Contains con i ponti e gli edifici Contains con gli specchi d'acqua Intersects con le breakline
		P1003B	Quota su manufatto	
		P1003C	Quota Acque	
		PBK01	Crinale	

Tabella 2 – Confronto delle codifiche non direttamente derivabili.

Per alcune classi, invece, sono stati predisposti degli strati ausiliari per la rappresentazione. I trasporti, infatti, includono ferrovie, viabilità stradale principale e secondaria. La seconda tipologia viene rappresentata tramite dei nastri (entità areali riconducibili a un *buffer flat*) i cui contorni esterni vanno tematizzati in base alla sigla. Tali poligoni sono stati creati dopo aver eliminato dal grafo gli archi di lunghezza inferiore ai 25 metri e ricostruito la topologia con l'applicativo predisposto per i ponti.

Sigla	Descrizione	Fonte informativa
C401A	Centro Abitato	Censimento ISTAT2001
C401B	Nucleo Abitato	
C401C	Zona produttiva	
C437	Ospedale	CTR 1:2.000
C439	Palestra/Palazzetto	
C716B	Parco regionale	Aree Protette
L301B	Svincolo stradale	CTR 1:10000 e/o 1:2000
L311	Viabilità secondaria all'interno dei centri abitati	
LBK1	Breakline	DTM
L902	Curva di livello intermedia (25 m)	

Tabella 3 – Nuove codifiche del DB25K.

Livello	Descrizione	DB10K	Sigla	Descrizione	DB25K
11602	Cava di pietra	L	C915	Cava	A
23402	Vasca, cisterna rappresentabili	A	P636B	Cisterna	P
51201	Ponte per strada asfaltata	L	P351C	Viadotto ... con luce < 25 metri	P
60304	Cimitero	A	P435B	Cimitero piccolo	P
62101	Campo sportivo	L	P438	Campo sportivo generico	P
63101	Tettoia, fienile, ecc.	A	P403	Baracca/Capanna/Baita Tettoia	P

Tabella 4 – Cambiamento di primitiva geometrica (A=Poligono, L=Polilinea, P=Punto)

Sigla	Descrizione	Rappresentazione	Derivazione
C701A	Frutteto	Simbolica GIS per il limite del poligono restituito a misura con inserimento di simbolo interno.	Dissolve su sigla, inserimento dei simboli in corrispondenza dei centroidi con apposito tool. Individuazione dei poligoni che non contengono interamente i simboli, editazione manuale per valutarne l'eliminazione (errato inserimento del simbolo per via della forma o della ridotta superficie del poligono).
C701B	Oliveto		
C709	Bosco		
C711	Macchia/Cespugliato		
C717	Vigneto		
L325A	Scarpata piccola	Simbolica GIS	Eliminazione degli oggetti di dimensioni inferiori a quelle del simbolo DB25K, semplificazione della linea per migliorare l'inserimento e la leggibilità della vestizione.
L338A	Argine medio/piccolo		
L723	Filare di alberi		
L337A	Muro di sostegno non associato	Simbolica GIS	Eliminazione degli oggetti di dimensione inferiore a quelle del simbolo DB25K e interni ai centri e/o nuclei abitati, eliminazione degli oggetti che intersecano edifici extra-urbani a una distanza pari alla somma fra la larghezza reale del simbolo e la tolleranza.
L341	Palizzata/Rete/Filo spinato		
P1003A	Quota topografica al suolo	Simbolica GIS	Sfoltimento per successive iterazioni su buffer di 250 metri fino ad ottenere un unico punto all'interno di ogni buffer stesso assegnando un diverso peso in ordine decrescente alle vette, i crinali, i manufatti e all'acqua.
P1003B	Quota su manufatto		
P1003C	Quota Acque		

Tabella 5 - Derivazione e semplificazione della rappresentazione.

Cercando di conservare la forma, sono state semplificate le intersezioni, eliminate le sovrapposizioni, e ridisegnate le curve con raggi troppo piccoli per la scala (tornanti). Le polilinee dei contorni sono state ricavate dai poligoni spezzandole in corrispondenza di tutti i nodi *dangle* della rete, processandole con un *clean* e codificando quelle al di sotto dei 25 metri in corrispondenza degli incroci, dei ponti e del termine delle strade per escluderli dalla rappresentazione. Stabilito lo schema della viabilità sono stati spostati gli edifici adiacenti alle strade per renderli visibili.

La struttura del Geodatabase

Il DB25K è stato organizzato in 15 *feature class* come segue:

Acquedotti – Elettrodotti – Idrografia – Viabilità – Breakline – Orografia - Polilinee_01 (elementi lineari di tutti gli altri strati) - Polilinee_02 (limiti amministrativi) - Punti quotati - Punti_01 (elementi puntuali di tutti gli altri strati) - Poligoni_01 (elementi areali che concorrono a costituire l'uso del suolo) - Poligoni_02 (aree amministrative comunali) - Poligoni_03 (edificato di Industrie, Insediamenti, Servizi e Trasporti) - Poligoni_04 (parco regionale) - Toponimi (punti ed annotazioni).

La verifica della topologia è stata eseguita prima sulle reti e sulle curve di livello. Successivamente è stata creata una *feature class* lineare provvisoria, *Poligoni_00*, in cui sono stati inseriti la maglia viaria e il reticolo idrografico, i limiti amministrativi e quelli delle aree protette, i contorni di tutte le entità areali, ad eccezione di quelle dell'edificato e gli elementi lineari della vegetazione.

Considerando come fissi i due grafi, dopo un *clean*, è stato ricostruito il corretto assetto topologico dell'intera copertura areale della sezione 292-III in cui i grafi risultano perfettamente adiacenti, nei tratti di coincidenza, a tutti i poligoni inseriti e ai limiti amministrativi.

Successivamente tramite le procedure di *spatial analyst*, di query SQL e della funzione *dissolve* sono state costruite *Poligoni_01*, *Poligoni_02*, *Poligoni_04* ed aggiornata *Polilinee_01* per le classi della vegetazione.

Le verifiche successive hanno riguardato *Punti_01* (congruenza per le sole classi appartenenti alle reti con gli elementi lineari delle stesse), e *Poligoni_03* (ogni edificio deve essere contenuto all'interno di ogni area di *Poligoni_01*, *Poligoni_02*). La creazione del DB25K rende possibile costruire lo strato ausiliare per la rappresentazione dei limiti amministrativi. Laddove, infatti, questi coincidono con altri oggetti, (strade, fossi, limiti di coltura, alberi in filare ed elementi divisori) è necessario creare, con un *offset* di 50 metri su entrambi i lati, una linea fittizia da semplificare ed editare, essendo non rappresentabile quella effettiva. La toponomastica viene inserita una volta terminata la generalizzazione degli elementi geometrici. I toponimi sono rappresentati da punti, mentre i testi sono annotazioni con *font* stabilito sulla base di una classificazione spesso correlata agli oggetti del database (Tabella 6).

Toponimo	Definizione	Oggetto	Definizione	Fonte Testo
T103	Capoluogo comune	C401	Centro Abitato	ISTAT2001
T1003C	Quota acque	P1003C	Quota Acque	
T106B	Toponimi viabilità	L302	A2 – Strada a 4 corsie	DBPrior10K
T110	Idrografia 1° ordine	L605	Geometrica logica grafo idrografico	
T132	Monti 1° ordine	P1003A	Quota topografica al suolo	
T157	Indicatori chilometrici	P332	Pietra chilometrica A2	DB10k

Tabella 6 – Relazioni fra le classi della toponomastica, gli oggetti del DB25K ed i supporti cartografici.

Il DB25K associa ad ogni *feature class* i seguenti campi:

- ✓ *Id*, contatore oggetti
- ✓ *Sigla*, codifica stabilita dall'IGMI;
- ✓ *Plot*, rappresentabilità dell'oggetto (valore 1 se rappresentabile, valore 0 se non rappresentabile);
- ✓ *Topo*, valore id non nullo del toponimo associato all'oggetto tramite *intersects*.

Per la Toponomastica è previsto un ulteriore campo *Text* per l'inserimento dei nomi (Tabella 7).

Feature Class				Toponomastica			
Id	Sigla	Plot	Topo	Id	Sigla	Plot	Text
1	L303A	0	0				
100	P1003A	1	1231	1231	T132	1	Monte Revellone

Tabella 7 – Relazione logica tra oggetti e toponimi.

La rappresentazione grafica

Ultimato il DB25K è stata costruita un'area di lavoro in ArcGIS disponendo i vari strati in modo da ottenere una corretta visualizzazione. Le figure 1 e 2 mettono a confronto i dati originali del DB10K e quelli derivati.

Le figure successive mostrano due diversi tipi di rappresentazione. La figura 4, in particolare, è un esempio con vegetazione e superfici d'acqua colorate a pastello sulla falsa riga delle cartografie antiche (A. M. Pierrot – 2007) e sulla base delle ortofoto AIMA 96.

Conclusioni

Il Progetto descritto ha consentito di valutare la fattibilità della generalizzazione del DB10K della Regione Marche.

I dati di partenza non potevano essere considerati un vero database topografico e pertanto necessitavano di essere strutturati anche dal punto di vista topologico. Ciò ha comportato una notevole mole di lavoro utile, però, a cogliere gli aspetti della progettazione dei database multi-scala legati alla suddivisione in classi e alle relazioni geometriche, spaziali e semantiche esistenti fra esse. Sebbene nelle scale 10K e 25K la maggior parte delle entità conserva la sua primitiva geometrica, per automatizzare la derivazione occorre definire gli oggetti in modo analogo evitando le procedure di analisi spaziale, la foto-interpretazione e la ricerca di dati ausiliari non sempre facili ed agevoli. Considerando, poi, che ArcGIS 9.2 ha

Figura 1 – Il DB10K originale alla scala 1:25.000.

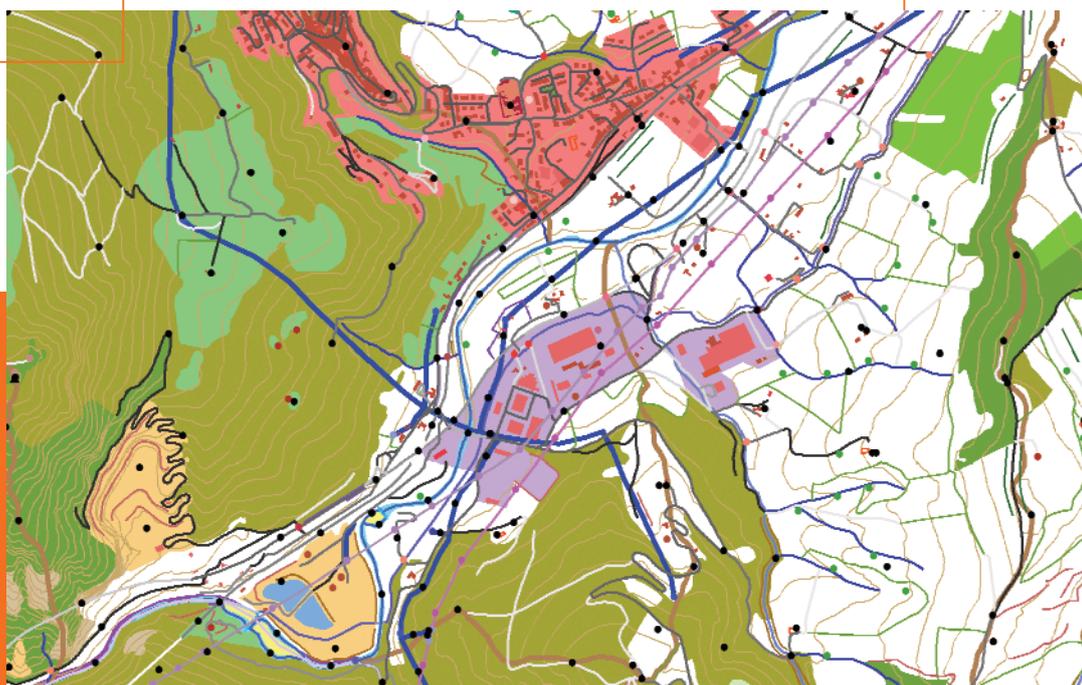
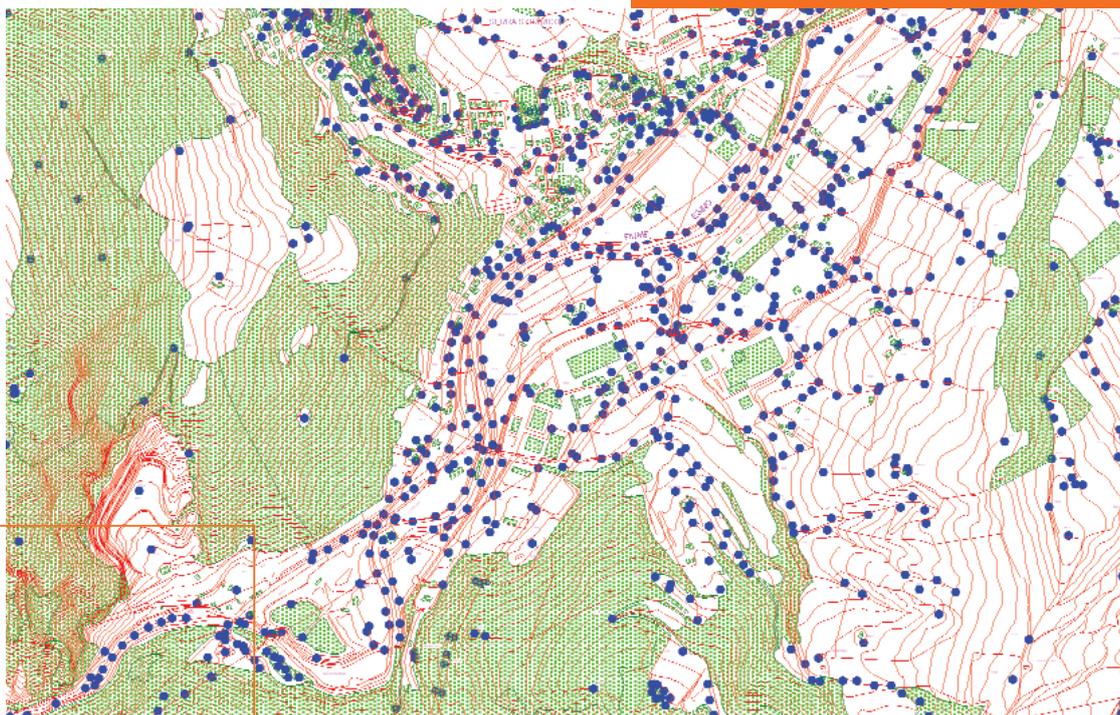


Figura 2 – Il DB25K derivato dalla generalizzazione del DB10K.

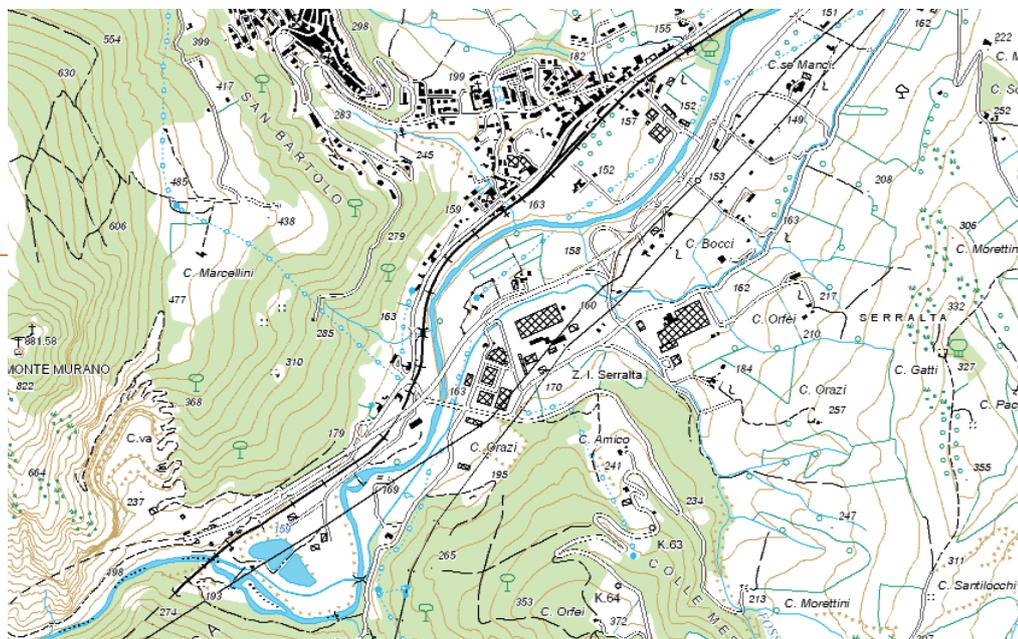


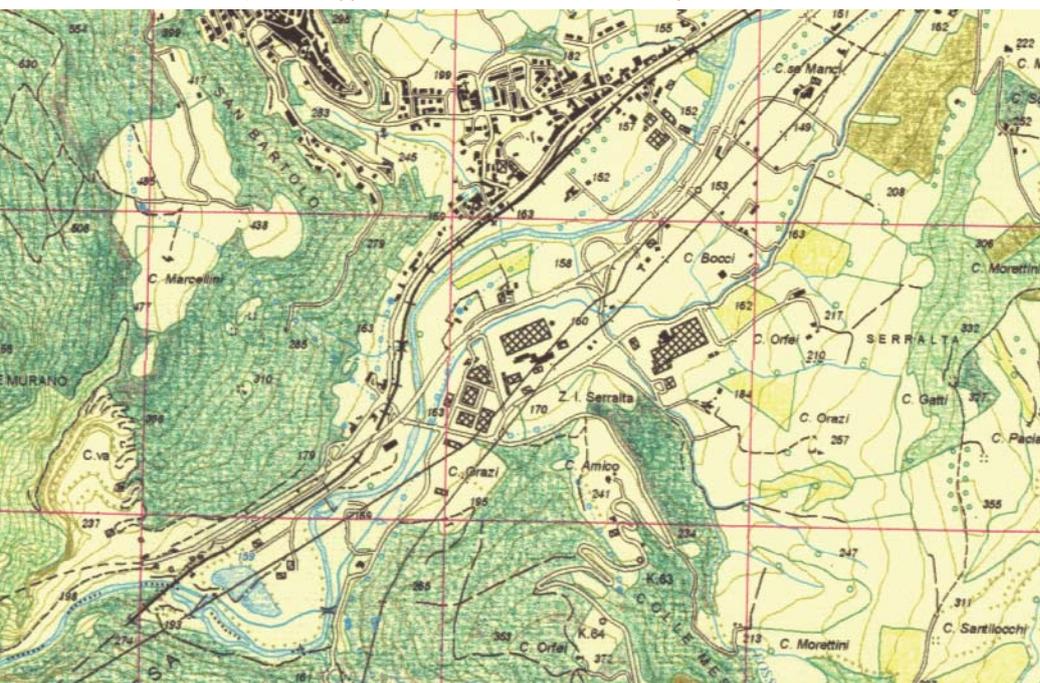
Figura 3 –
Rappresentazione
conforme alle specifiche
IGMI.

ulteriormente sviluppato il tool della generalizzazione (*dissolve, simplify, aggregate, ecc.*) il disporre di un database iniziale coerente riduce il problema del controllo topologico ad una sola verifica sugli oggetti semplificati e/o spostati nel rispetto della rappresentazione simbolica e dell'errore di graficismo. La predisposizione di ulteriori applicativi, quindi, riguarda solo l'individuazione di errori topologici e l'inserimento dei simboli convenzionali non disponibili in ambiente GIS.

L'eliminazione delle operazioni di *edting* manuale sembra invece del tutto impossibile. I criteri che muovono la scelta dello spostamento di un oggetto anziché di un altro dipendono da motivazioni non sempre legate da regole ben definite ed univoche (forma, importanza, minor dispendio di lavoro ecc.).

La possibilità di realizzare un DB25K, con ragionevoli tempi di esecuzione, quindi, non può prescindere da un idoneo DB10K di partenza e dall'implementazione degli applicativi già studiati per tutte le classi non trattate in questo prototipo. La maggiore compatibilità fra i dati iniziali e finali, renderebbe così la derivazione una "complicata semplificazione".

Figura 4 – Rappresentazione con elementi colorati a pastello.



Bibliografia

- Specifiche Tecniche della Serie 25 prodotta dall'IGM; *Intesa Stato, Regioni, Enti-locali per la realizzazione dei Sistemi Informativi Geografici, Testo Specifiche Tecniche WG01 DB Topografici* (www.intesagis.it); Davis Jr., Clodoveu A., Laender, Alberto H. F., 1999, "Multiple Representations in GIS: Materialization Through Map Generalization, Geometric and Spatial Analysis Operations", in Proceedings of the 7th International Symposium on Advances in Geographic Information Systems (ACM GIS'99), Kansas City (MO), USA, pp. 60-65; Zhou, S., Jones, C. 2001, "Multi-Scale Spatial Database and Map Generalisation", 4th ICA Workshop on Progress in Automated Map Generalization, Beijing, 2001; Stefano Bellesi, Eva Savina Malinverni (2006): "A Tool Performing Topological Correction in a GIS", ICA Workshop on Geospatial Analysis and Modeling". — Vienna, 8 July 2006, pagg. 198-210; Van der Poorten P.M., Zhou S., Jones C.B., 2002, "Topologically-Consistent Map Generalization Procedures and Multi-scale Spatial Databases" in Proceedings of Second International Conference, GIScience 2002, Boulder, CO, USA, September 25-28, Ed. M.J. Egenhofer, D.M. Mark (Eds.), pp. 209 – 227; Modelli di topografia disegnati e acquerellati da A. M. Perrot – Firenze – IGMI – 2007.

Autore

STEFANO BELLESI
stefano.bellesi@regione.marche.it

REGIONE MARCHE, P.F.
Informazioni Territoriali e Beni
Paesaggistici