GENERALIZZAZIONE CARTOGRAFICA: ESPERIENZE E PROSPETTIVE NELL'AREA REGIONALE PIEMONTESE

Luca FORESTELLO [(*)], Danilo GODONE [(**)], Gabriele GARNERO [(**)], Angelo PENON [(*)]

[(*)] ARPA Piemonte – Centro Regionale per le Ricerche Territoriali e Geologiche
C.so Unione Sovietica, 216 – 10134 TORINO
Tel +39 011 316.9336, Fax +39 011 316.9340 – E-mail a.penon@arpa.piemonte.it

[(**)] Università degli Studi di Torino - DEIAFA – V. Leonardo da Vinci, 44 – 10095 Grugliasco (TO)
Tel +39 011 670.5518, Fax +39 011 670.5516 – E-mail gabriele.garnero@unito.it

Riassunto

Al fine di disporre di una base dati territoriale da utilizzarsi per le analisi ambientali e per la produzione dei tematismi di competenza, l'ARPA Piemonte, all'interno di una pluriennale collaborazione col DEIAFA della Facoltà di Agraria dell'Ateneo torinese, ha sviluppato negli anni 2004 e 2005 una significativa esperienza di generalizzazione alla scala 1:50.000 della cartografia regionale.

Il processo di produzione, totalmente in ambiente GIS, dei dati geografici dopo aver riguardato l'intero territorio regionale, sta ora interessando le aree di confine extra-regionali (Emilia Romagna, Liguria, Lombardia, Valle d'Aosta) e extra-nazionali (Francia, Svizzera).

Prioritariamente a seguito di una analisi accurata della metadocumentazione, inerente la base dati vettoriale Regione Lombardia e con particolare riferimento all'organizzazione di dati in primitive geometriche ed alla loro classificazione e codifica, sono state esplicitate le regole di generalizzazione e predisposte una sequenza di procedure in ambiente GIS (ArcGis 9.x™) utilizzando il *tool Model builder*, definendo modelli applicabili all'intero ambito territoriale,.

I modelli e le procedure standardizzate predisposti hanno assicurato una buona congruenza informativa e geometrica delle basi geografiche, avviando nel contempo un processo di progettazione, implementazione e gestione di basi dati in contesti multiscala e multirappresentazione.

Abstract

ARPA Piemonte in cooperation with Agrarian Faculty has developed, in GIS environment, generalization processes of regional maps at 1:50000 scale. The process has involved after the regional area, data coming from area outside Piemonte and also Italian boundaries. Aim of the experience was the production of map used in environmental analysis and thematical cartography.

At the beginning we have analyzed the metadata of every informative layer, particularly studying data's geometric structure and classification and coding of Regione Lombardia vector data. This analysis allowed us to develop generalization rules and to create procedures in GIS environment (ArcGis 9.x™) used in order to define models in Model Builder tool effective for the whole regional area.

Models and procedures have assured good results in informative and geometric congruency leading to a multiscale and multirepresentation approach in cartographical management and projects.

1. Analisi delle basi dati disponibili

1.1 Dati Regione Piemonte

La Regione Piemonte ha avviato, a partire dal 1988, il programma di produzione della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 in modalità sostanzialmente tradizionale, con la sola eccezione dell'altimetria. In seguito, le informazioni disponibili sono state digitalizzate, mentre le nuove produzioni (Foglio sperimentale n. 175 – Asti [1993], Valle di Susa [1995-98]) sono state

direttamente realizzate tramite restituzione fotogrammetrica numerica diretta, per cui l'intero territorio regionale risulta coperto da informazioni cartografiche in formato digitale, con una codifica sostanzialmente omogenea.
Da tale impostazione trae origine e si sviluppa (conclusione 1998) la prima esperienza di produzione per la generalizzazione automatica della Carta Numerica speditiva alla scala 1:50.000: il database risultante, pur mantenendo il sistema di codifica e l'inquadramento geometrico delle informazioni originarie, presenta caratteristiche e peculiarità specifiche della cartografia alla scala 1:50.000.
La disponibilità all'interno della Regione Piemonte di dati numerici alle scale 1:10.000 e 1:50.000 ha consentito di condurre una nuova significativa esperienza, che si configura come il naturale affinamento della precedente, per la costituzione di una base dati territoriale alla scala 1:50.000 finalizzata a soddisfare diverse esigenze specifiche delle strutture tecniche dell'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale (Forestello et alii, 2005)
Attualmente è stato avviato l'aggiornamento delle informazioni territoriali del DB alla scala 1:10.000, per l'area prossima al confine lombardo, della fascia da Borgomanero ad Alessandria, con l'applicazione prototipale delle Specifiche *IntesaGIS*.

1.2 Dati Regione Lombardia

L'esigenza di completare i fogli contenenti porzioni territoriali esterne al territorio piemontese ha reso necessaria l'analisi di un insieme disomogeneo di informazioni geografiche proveniente da differenti regioni (Valle d'Aosta, Liguria, Emilia Romagna e Lombardia) e Stati (Francia e Svizzera), caratterizzati da differenti sistemi di riferimento, sistema di codifica delle informazioni, strutturazione topologica e formato di memorizzazione.
Prioritariamente si è operato sui dati della regione Lombardia, allo scopo di allinearli ai dati piemontesi.
La CTR lombarda deriva da una digitalizzazione delle sezioni CTR al tratto (con aggiornamenti compresi tra il 1981 e il 1994) ed una successiva strutturazione nell'ottica dell'utilizzo in ambiente GIS.
Tale base dati è costituita da oggetti geografici raggruppati in entità a loro volta riunite in componenti informative omogenee (v. Portale dell'Informazione Territoriale, www.regione.lombardia.it):

- Ambiti Amministrativi
- Altimetria
- Idrografia; Infrastrutture tecnologiche
- Uso del Suolo
- Località Significative
- Punti d'intersezione tra reti diverse
- Infrastrutture per il trasporto di persone e merci:
  - Sistema stradale
  - Sistema aeroportuale
  - Sistema ferroviario
  - Sistemi a guida vincolata e impianti fissi

Ogni entità può essere rappresentata da una delle tre primitive geometriche (punto, linea, poligono) o dall'interazione di molteplici oggetti costituenti l'entità "Rete", costituita da "Entità componenti", "Nodi"e "Punti d'intersezione tra reti diverse". Le entità lineari possono inoltre essere caratterizzate da un orientamento (es. idrografia).
Vengono codificate e descritte le relazioni tra differenti entità e la tipologia (uno a uno, uno a molti…)
Alle singole entità vengono inoltre assegnati un codice identificativo univoco, attributi tematici numerici, alfanumerici e codificati e le eventuali definizioni di posizionamento e di stile della toponomastica.

Un ulteriore contributo alla toponomastica è fornito da un livello informativo specifico (Località significative): ad ogni località contrassegnata con un toponimo sulla C.T.R. è assegnato il nome ed il tipo che distingue tra: vetta, monte, cima o pizzo, passo o valico, galleria, ponte o viadotto, frazioni o centro o nucleo abitato, cascina, campeggio, luogo di culto, castello o rocca, rifugio alpino, porto, bosco, comune.

2 Metodologia operativa

Per disporre di livelli informativi compatibili con la base piemontese è stato necessario operare una serie di aggregazioni e di selezioni dagli strati contenuti nei database lombardi.
La produzione di un foglio transfrontaliero ha richiesto una parziale modifica delle procedure a suo tempo implementate per la cartografia piemontese comportando la risoluzione di problemi di diverso tipo e di diverso ordine:

1) adozione di un unico sistema di riferimento.
2) estrazione dei dati ricadenti nell'area di interesse
3) allineamento dei dati:
    a) componente alfanumerica
    b) componente vettoriale
4) unione delle due basi dati
5) rappresentazione degli oggetti
6) analisi topologica e validazione

2.1 - Adozione di un unico sistema di riferimento.

Alcuni software GIS consentono una conversione e una riproiezione istantanea dei dati caricati nella vista, ma la precisione di queste operazioni è comunque inferiore a quella attribuita a SW dedicati. Per evitare l'introduzione di questi errori, la conversione tra sistemi geodetici di riferimento, è stata effettuata con il software VertoGIS, che utilizza i grigliati IGM e consente quindi la più corretta trasformazione di basi dati tra differenti sistemi geodetici e cartografici , senza deriva di calcolo.
I dati relativi alla Regione Lombardia sono georiferiti in Gauss-Boaga, mentre le basi date prodotte devono essere inquadrate nel sistema UTM/WGS84.

2.2 - Estrazione dei dati ricadenti nell'area di interesse

La base dati della Lombardia è organizzata in circa 70 diversi elementi vettoriali che ricoprono l'intera regione. Considerando che l'ambito di intervento è costituito dal territorio incluso in ogni singolo foglio è possibile ritagliare i dati ricadenti nell'ambito di interesse senza influire sul risultato finale.
L'operazione di *clip* è stata effettuata in modo semi-automatico sfruttando le *Command Line* di *ArcMap*. la stringa di comando, del tipo:

*Clip_analysis <**am_ctr**.shp> <foglio_117.shp> < **am_ctr**_clip.shp >*

è stata incorporata in una procedura che determina il clip di tutti i 70 fogli.

2.3 - Allineamento dei dati

La fase preliminare di studio della metadocumentazione permette già di evidenziare le analogie e le differenze fra i database: la base dati piemontese è suddivisa in 4 elementi vettoriali (punti, linee, poligoni e toponomastica) raggruppata per fogli al 50.000; quella lombarda è come detto organizzata in 70 elementi vettoriali suddivisi per macrocategorie (es. Ambiti amministrativi, Curve di livello, Elettrodotti, …) estese sull'intero territorio lombardo.
Occorre quindi una prima fase di accorpamento in cui si uniscono tra loro tutti gli elementi areali, tutti gli elementi lineari e tutti i puntuali.

2.3.1 - Allineamento componente alfanumerica

Al fine di utilizzare anche per i dati lombardi le stesse procedure e le stesse tematizzazioni dei dati piemontesi, è necessaria una fase in cui si associano i codici della base dati piemontese agli elementi corrispondenti della base dati lombarda.
Escludendo i casi in cui lo stesso elemento è identificabile in entrambe le basi dati senza ombra di dubbio (es. Cimitero), possono verificarsi nel seguenti casistiche:

1) l'oggetto è presente in Piemonte, ma non in Lombardia
   Es. Unità volumetrica di serra, Tettoia o pensilina.
2) l'oggetto è presente in Lombardia, ma non in Piemonte:
   Es. Parco o giardino, Area Sterile.
3) l'oggetto è presente in Piemonte e in Lombardia, ma è presente in diverse categorie.
   Es. Strade comunali (lineare in Lombardia e poligonale in Piemonte) vedi oltre 2.3.2.
4) L'oggetto è accorpato con un unico codice assieme ad altri oggetti
   Es. (in Lombardia i centri urbani vengono definiti come "Residenza produttivo misto" senza identificare le singole unità volumetriche).

L'eterogeneità delle basi dati piemontese e lombarda ha richiesto una procedura di riassegnazione di codici. Nella Figura.1 sono esemplificate alcune assegnazioni.

Elemento vettoriale Lombardia	Strato CTR	Descrizione generica	SERV	Elemento vettoriale Piemonte	TIPO CTR	Decodifica CTR / NOTE
Bo_ctr.shp	BO	Bosco		Aree.shp	02.07.04	Voce corrispondente "Zona boscata"
Cs_ctr.shp	CS	Cascina		Aree.shp	02.02.01	La voce "cascina" non è prevista nella CTRn 10.000, decodificabile come: Edificio residenziale.
Ip_ctr.shp	IP	Impianto sportivo		Aree.shp	02.02.25	La voce "Impianto sportivo" non è prevista, decodificabile come: Manufatto tecnico complesso.
Sv_ctr.shp	SV	Area di servizio – Cimitero	169	Aree.shp	2.05.06	Voce corrispondente "Cimitero"
St_ctr.shp	SC	Strada comunale (dentro st)		Linee.shp	02.01.01	Voce corrispondente: "Tronco di strada sfaltata"
Id_ctr.shp	RS	Corso acqua secondario		Linee.shp	01.03.03	Voce corrispondente: "Canale di scolo canaletta irrigua"
Tf_ctr.shp	TF	Tratto ferroviario (dentro FE)		Linee.shp	01.01.20	Voce corrispondente "Tronco di ferrovia a scartamento ordinario elettrificato"
El_ctr.shp	EL	Elettrodotto		Linee.shp	01.04.01	Voce corrispondente "Elettrodotto areo"

Figura 1 – assegnazione codici

Questa procedura, sviluppata tramite l'utilizzo in ambiente ArcGis 9.0 del *tool Model Builder* in relazione alle informazioni contenute nella base dati, associa in un nuovo campo i codici della CTR Piemontese agli oggetti della Lombardia.

2.3.2 - Allineamento componente vettoriale

Questa fase consiste in una generalizzazione degli oggetti della base dati della Lombardia dalla scala 1:10.000 alla scala 1:50.000. La generalizzazione coinvolge elementi areali, lineari e puntuali.
Per quanto concerne gli oggetti areali, la procedura prevede le seguenti due fasi:

1) identificazione della gerarchia tra i singoli oggetti (vedi Figura 2)
2) esecuzione di un *buffer*: alcuni oggetti verranno bufferizzati a scapito di altri considerati di minore importanza.

Questa procedura è stata eseguita in modo automatico tramite *Model Builder*.
La procedura realizzata dal modello consente di bufferizzare i singoli elementi e di "sottrarre" lo spazio occupato dal buffer agli elementi vicini che hanno minore priorità (vedi Figura 2).
Nella Figura 3 (sx) si vede il risultato, in nero la base dati della Lombardia al 10.000 ed in rosso la nuova base dati generalizzata al 50.000.

Decrizione	Area Autostradale	Abbazia luogo di culto	Impianto sportivo	Impianto di depurazione	Residenza Produttivo -Misto Cascina Servizio generico	Area idrica secondaria	Lago	Isola fluviale	Area in trasformazione	Cimitero	Attività estrattiva areale	Legnosa agraria	Bosco	Seminativo pioppeto, prato, pascolo
TIPO CTR	02.01.02	2.02.013	02.02.25	02.03.10	02.02.01	02.03.01	02.03.02	02.03.15	02.05.04	02.05.06	02.06.11	02.07.03	02.07.04	2.07.031
Buffer	Si (8 metri)	Si (8 metri)	Si (8 metri)	Si (8 metri)	Si (8 metri)	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
Priorità	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**	**6**

Figura 2 – assegnazione priorità agli oggetti

2.4 - Unione delle due base dati

Terminato l'allineamento delle due basi dati, è necessario unire gli oggetti lombardi e piemontesi in un unico *shape file*. L'unione degli oggetti areali consente altresì di individuare e gestire le aree di sovrapposizione e/o le aree prive di informazione.
Considerato che le due basi dati presentano differenti periodi di aggiornamento, è stato possibile gestire, utilizzando una specifica procedura, le aree di sovrapposizione assegnando a queste l'informazione più recente, cioè quella lombarda.

Figura 3 – confronto basi dati pre e post elaborazione (sx) e DB piemontese e lombardo (dx)

2.5 Rappresentazione degli oggetti

La vestizione grafica è stata condotta con l'intento di rendere simili due oggetti che nativamente sono diversi. Ad esempio è possibile rappresentare cartograficamente le strade (oggetti vettoriali lineari) della Lombardia rendendole graficamente simili alle strade del Piemonte (oggetti vettoriali areali), vedi Figura 3 (dx).

2.6 Analisi topologica e validazione

L'integrazione di basi dati così eterogenee impone di procedere a controlli sulle geometrie, ad esempio, l'individuazione di geometrie mancanti, oppure geometrie che si sovrappongono, ecc.
Arcgis 9.x consente di effettuare questo tipo di verifiche in modo automatico, sfruttando il concetto di topologia. Il modello che segue schematizza la sequenza operativa:

1) creazione del *Geodatabase*
2) definizione del sistema di riferimento del *Geodatabase*
3) importazione nel *Geodatabase* dello *shape* su cui effettuare i controlli
4) creazione di una topologia
5) creazione di una nuova *feature class* contenente lo *shape* su cui effettuare l'elaborazione
6) inserimento della *feature class* nella topologia
7) associazione alla topologia delle regole che si vogliono applicare

8) “validazione” della topologia

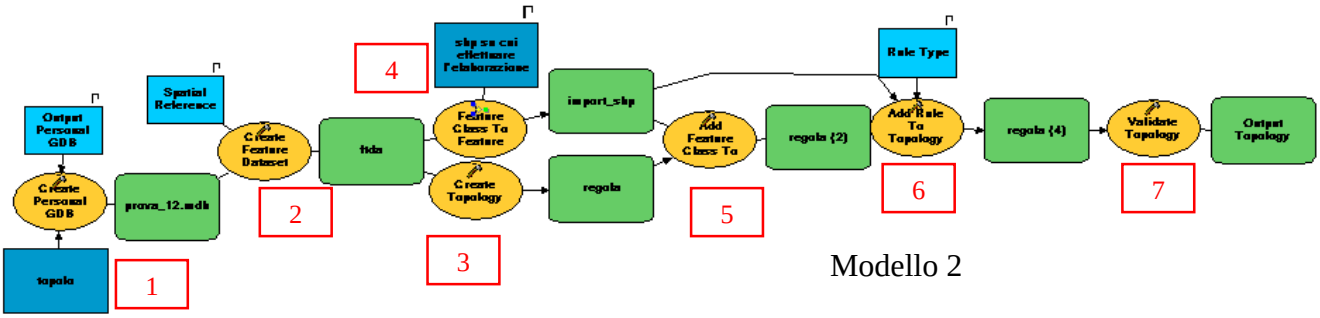

Figura 4 – schema del modello

Qualora la validazione individui aree che non contengono informazioni in nessuna delle due basi dati, sarà necessario attribuire a questo poligono il codice corretto consultando altre base dati quali immagini satellitari, ortofoto, foto aree e documentazione di settore.

3. Conclusioni

Considerato che il processo di produzione di dati geografici alla scala subregionale (1:50000) sta ora interessando tutte le aree di confine extra regionali, si è proceduto ad una serie di contatti tecnici con gli organismi competenti sia a livello nazionale (IGM) sia a livello regionale per avviare un’attiva collaborazione orientata all’utilizzo, all’aggiornamento e alla validazione dei dati prodotti.
Il rilascio della basi territoriali prodotte è in effetti subordinato ad una fase di certificazione di qualità, che opera non solo nell’ambito delle procedure di produzione, ma anche nell’analisi della compatibilità verso gli standard cartografici previsti per la cartografia di pari scala.
A conclusione di questa fase si avvierà un nuovo processo di generalizzazione della base dati alla scala 1:250000, indispensabile per tutte le attività di analisi ambientale e di valutazione di VIA/VAS alla scala regionale di competenza ricadenti tra i compiti istituzionale dell’ARPA.

4. Bibliografia essenziale

Amadio, G. *La derivazione del DB 25 da database e cartografia numerica tecnica regionale: problematiche ed esperienze*, Atti della 3° Conferenza Nazionale ASITA, 1999.

Bianchin, A.; Martinucci, D.: *Generalizzazione cartografica: stato dell’arte*, Atti della 7° Conferenza Nazionale ASITA, 2003.

Falchi, U.; Vacca, G.: *Rappresentazioni multiscala: generalizzazione di dati geografici in ambiente GIS*, Atti della 7° Conferenza Italiana Utenti ESRI, 2004.

Forestello L. et alii: *esperienze per la costituzione di una base dati territoriale alla scala 1:50.000 a supporto della produzione di tematismi e dell’analisi ambientale* Atti della 9° Conferenza Nazionale ASITA, 2005.

Garnero, G.: *Carta Tecnica Regionale Numerica - Estrazione automatica della Carta Numerica in scala 1/50000*, Centro Stampa della Giunta Regionale del Piemonte, Torino, 1995.

IntesaGIS-WG01: *Specifiche per la realizzazione dei Data Base Topografici di Interesse Generale*, http://www.intesagis.it, 2004.

Vasone, M. et alii: *S.I.T. della Regione Piemonte: strutturazione del GEO- DBMS a partire dalle specifiche dell’Intesa GIS*, Atti della 8° Conferenza Nazionale ASITA, 2004.