

## **Generalizzazione Automatica del DB50 IGM: i risultati della ricerca CARGEN**

Sandro Savino (\*), Massimo Rumor (\*), Sergio Congiu (\*),  
Maurizio De Gennaro (\*\*), Antonio Zampieri (\*\*)

(\*) sandro.savino@dei.unipd.it, rumor@unipd.it, congiu@unipd.it,  
Università degli Studi di Padova, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Via Gradenigo 6/B, 35131 Padova  
(\*\*) maurizio.degennaro@regione.veneto.it, antonio.zampieri@regione.veneto.it,  
Regione del Veneto, Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia,  
Palazzo Linetti, Calle Priuli, Cannaregio 99, 30121 Venezia

### **Abstract**

Recentemente presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova si è conclusa la seconda fase di un progetto di ricerca ad ampio respiro sulla generalizzazione cartografica. Questo progetto, chiamato CARGEN, voluto e finanziato dalla Regione Veneto e svolto in collaborazione con IGM, si occupa da diversi anni della progettazione, realizzazione e sperimentazione di tecniche automatiche per la generalizzazione cartografica di dati a scala medio-grande a partire dai dati a grande scala.

I risultati conseguiti recentemente, e che verranno presentati in questo articolo, permettono la derivazione di un geo-database in scala 1:50000 a specifiche IGM a partire dai dati in scala 1:5000 della Regione Veneto.

### **Abstract**

*Recently the second phase of a long running research project on cartographic generalization has been concluded at the Department of Information Engineering of the University of Padova. This project, called CARGEN, funded by the local administration Regione Veneto and run with the cooperation of the Italian national mapping agency, the Istituto Geografico Militare, since many years focuses on the design, development and test of algorithms for the automatic generalization of medium-large scale databases from large scale data.*

*The most recent results achieved allow to derive a geodatabase at the 1:50000 scale from the 1:5000 scale geodatabase of the Regione Veneto and will be presented in the following article.*

### **Introduzione**

La generalizzazione cartografica è quel processo che permette di realizzare una cartografia a partire da una cartografia esistente a grande scala. L'operazione di generalizzazione è intimamente connessa con il concetto di selezione dell'informazione: per generalizzare è infatti necessario scegliere e filtrare, tramite un delicato e complesso processo, quali dati rappresentare sulla carta a scala minore a partire da quelli presenti sulla carta a scala maggiore. Nonostante questa complessità, la generalizzazione è da sempre utilizzata all'interno del processo produttivo degli enti cartografici in quanto, permettendo di utilizzare dati esistenti, risparmiando così sulle fasi di acquisizione e restituzione, riduce i costi e i tempi necessari a produrre una cartografia. Con l'avvento del digitale nel mondo della cartografia si è aperta a livello internazionale una linea di ricerca sulla automazione di tale processo: l'obiettivo è la produzione in maniera completamente automatica di cartografie derivate a scala minore a partire da una unica cartografia a grande scala. Il raggiungimento di tale obiettivo porterebbe indiscussi vantaggi quali l'abbattimento dei costi per la produzione di tali cartografie a scala minore, la consistenza tra i dati alle varie scale e la semplificazione delle

operazioni di aggiornamento, che dovrebbero essere effettuate solo ad un'unica scala per essere poi riportate automaticamente alle altre scale.

Inseguendo tali ambiziosi obiettivi, già da vari anni molti gruppi di ricerca si sono creati e si stanno muovendo nel campo della generalizzazione automatica, portando a risultati che vanno costantemente migliorando al punto che, da qualche anno, stanno iniziando ad entrare a far parte dei processi produttivi di alcuni enti cartografici (si veda ad esempio Stoter, 2010).

In Italia il progetto di ricerca di più lungo corso e maggiormente attivo dal punto di vista internazionale è il progetto CARGEN, svolto presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova e finanziato dalla Regione Veneto.

### **Il progetto CARGEN**

Il progetto CARGEN nasce nel 2006 con una convenzione di ricerca stipulata tra la Regione Veneto e il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova. Tale convenzione si avvale della collaborazione dell'Istituto Geografico Militare e il suo obiettivo principale è lo sviluppo e la sperimentazione di tecniche automatiche di derivazione dei dati in scala 1:5000 della Regione Veneto per la generalizzazione del DB25 IGM. Dopo i primi tre anni di lavoro il progetto viene esteso e gli obiettivi della ricerca vengono allargati per includere la generalizzazione alla scala 1:50000. I risultati di questa seconda fase del progetto CARGEN, che per brevità chiameremo CARGEN2, saranno l'oggetto di questo articolo.

L'obiettivo del progetto CARGEN è la generalizzazione automatica, ovvero che non necessita la supervisione di un operatore umano; poiché non esiste sul mercato alcun software dotato delle caratteristiche necessarie a questo scopo, la ricerca di CARGEN si è da subito concentrata sullo sviluppo di un software modulare che potesse eseguire in sequenza e in modo automatico una serie di algoritmi realizzati ad hoc, ognuno dei quali pensato per risolvere un particolare aspetto del processo di generalizzazione. Il software è stato sviluppato in Java all'interno del laboratorio GIRTS del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'ateneo Patavino, appoggiandosi inizialmente al DBMS Oracle Spatial. La ricerca del progetto CARGEN ha portato principalmente a tre risultati: la definizione di una mappa di derivazione che permette di popolare il DB25 IGM a partire dai dati in scala 1:5000 definiti secondo il modello dati della Regione Veneto, lo sviluppo di vari algoritmi di generalizzazione, in grado di trasformare i dati rappresentanti i vari tematismi della cartografia in ingresso dalla scala 1:5000 alla scala 1:25000 ed infine la creazione di un processo e la sua implementazione in un software automatico in grado di operare la generalizzazione.

I risultati della prima fase del progetto CARGEN, presentati nel 2009 (De Gennaro et al., 2009), costituiscono il punto iniziale per lo sviluppo di CARGEN2, che indaga la generalizzazione alla scala 1:50000.

### **La generalizzazione al 50000**

L'estensione del progetto CARGEN alla scala 1:50000 ha reso come prima cosa necessario lo studio delle specifiche e delle metodologie per la derivazione a tale scala: la principale fonte di informazione per questo scopo è stata la documentazione fornita dall'Istituto Geografico Militare concernente la Carta d'Italia in scala 1:50000.

Uno dei primi obiettivi conseguiti a partire dalla lettura delle specifiche IGM è stata la formalizzazione di un modello dati per un database alla scala 1:50000, che attualmente non esiste ma è necessario per lo sviluppo degli algoritmi di generalizzazione, che effettuano una trasformazione da database a database. Per la formalizzazione di questo modello ci si è basati sul modello DB25 IGM, modificandolo in modo tale da contenere gli oggetti topografici presenti nelle specifiche della Carta d'Italia in scala 1:50000 IGM. Questo modello dati, che chiameremo DB50, è stato sviluppato in modo tale da essere completamente derivabile dal DB25, che è stato scelto come dato di ingresso del processo.

Una volta formalizzato il DB50 è stato possibile definire la mappa di derivazione: a partire dalle definizioni dei due modelli DB25 e DB50 si sono stabilite le relazioni tra le classi del secondo e del primo modello da utilizzare per popolare il database generalizzato a partire dal database di ingresso. A partire dalle specifiche del DB50 è inoltre stato possibile definire le trasformazioni necessarie per la generalizzazione di ogni classe presente in questo modello dati a partire dal modello dati di ingresso; poiché parte delle specifiche del DB50 derivano dal DB25, alcune delle trasformazioni richieste sono simili a quelle coinvolte nella generalizzazione del DB25 stesso, ad esempio l'applicazione di limiti di acquisizione basati su misure di lunghezza o di superficie.

Le specifiche di derivazione del DB50 e la lista delle trasformazioni richieste si possono interpretare come i requisiti che il software di generalizzazione deve possedere: sulla scorta di questi requisiti è stato analizzato il processo sviluppato durante CARGEN per la derivazione del DB25, individuando quali algoritmi potessero essere adattati al processo di generalizzazione del DB50 e quali funzionalità fosse invece necessario sviluppare appositamente per questa operazione.

La generalizzazione alla scala 1:50000 in generale richiede delle trasformazioni più marcate che alla scala 1:25000 e questo in alcuni casi ha richiesto lo sviluppo di nuove tecniche di generalizzazione; due esempi notevoli sono l'operazione di tipificazione richiesta dalle classi legate all'edificato e le operazioni di classificazione e selezione necessarie per trattare le classi legate alla viabilità.

Lo sviluppo software ha visto l'adattamento di alcuni algoritmi esistenti e lo sviluppo di nuovi algoritmi, sempre in ambiente Java; durante lo sviluppo sono stati inoltre realizzati alcuni strumenti aggiuntivi in grado di facilitare il lavoro di parametrizzazione e collaudo degli algoritmi.

La definizione della mappa di derivazione tra le classi dei due modelli dati, il DB25 e il DB50 e lo sviluppo degli algoritmi di generalizzazione hanno permesso di progettare un processo completo di generalizzazione in grado di derivare i dati dalla scala 1:25000 alla scala 1:50000.

Con l'estensione del progetto CARGEN alla scala 1:50000 si è colta inoltre l'occasione per analizzare il software di generalizzazione prodotto e modificarne alcuni aspetti che con la sperimentazione si erano rivelati migliorabili, ad esempio rendendo indipendente il software dal DBMS.

Lo sviluppo del progetto CARGEN2, qui brevemente riassunto, ha portato a notevoli risultati, che sono illustrati nella prossima sezione.

## **Risultati**

I risultati ottenuti dal progetto CARGEN2 sono molteplici; essi estendono i risultati di CARGEN alla scala 1:50000 e si pongono inoltre come un netto miglioramento dei risultati precedenti, sia dal punto di vista del processo, sia dal punto di vista algoritmico.

È tuttavia importante ricordare che essendo CARGEN un progetto sperimentale di ricerca, i risultati ottenuti non possono essere interpretati come una soluzione completa al problema della generalizzazione cartografica, né sono scevri da errori. Questo è particolarmente vero a riguardo dei risultati "grafici" degli algoritmi di generalizzazione, che possono sembrare in alcuni casi errati o comunque lontani da un risultato ottimo. Sarà compito dell'auspicabile proseguimento della ricerca sistemare e migliorare i risultati ottenuti e trovare nuove soluzioni per i problemi ancora da risolvere.

Il DB50 progettato all'interno di CARGEN2 è un database sviluppato secondo le specifiche IGM; la sua struttura e le sue specifiche derivano da quelle del DB25; i contenuti rispecchiano quelli della Carta d'Italia in scala 1:50000 IGM, che sono stati formalizzati utilizzando codici e attributi secondo lo standard DGWIG (DGWIG, 2000) e modellati secondo il modello dati DB25; il DB50 risulta completamente derivabile dal DB25.

Il processo di generalizzazione sviluppato è stato progettato per essere flessibile e modulare; il processo si basa sul modello dati DB25 come ingresso ma si può adattare facilmente a differenti

modelli dati di ingresso; ad esempio il DBT. Il software che implementa il processo è stato realizzato in Java ed è in grado di dialogare con diversi formati di dati e con dati residenti su diversi DBMS, in particolare Oracle Spatial e PostGIS; la sua modularità permette sia di estendere il formato dei dati in ingresso e uscita, sia di modificare il processo di generalizzazione, modificando alcune procedure o inserendo nuove funzionalità. Il software inoltre può essere eseguito all'interno di un ambiente GIS OpenSource (OpenJump) con il quale è possibile visualizzare direttamente i risultati del processo, eseguire e parametrizzare singolarmente gli algoritmi, oppure compiere delle pre e post elaborazioni sui dati (ad esempio applicando una vestizione).

Gli algoritmi di generalizzazione impiegati in CARGEN2 permettono la generalizzazione dei dati alla scala 1:50000. Alcuni degli algoritmi rappresentano una evoluzione di quelli sviluppati per CARGEN mentre altri sono stati realizzati completamente ex-novo per questo scopo. Il comportamento di ogni algoritmo è modificabile intervenendo su un insieme proprio di parametri, i cui valori sono stati tarati in accordo con le specifiche ed i requisiti per la scala 1:50000. Alcuni degli algoritmi sviluppati possono essere impiegati, modificando opportunamente i parametri, per produrre dati a scale diverse dal 1:50000.

Nel seguito sono illustrati i risultati di alcuni degli algoritmi impiegati in CARGEN2. Nelle immagini a sinistra sono rappresentati i dati originali in scala 1:5000 e a destra i dati generalizzati in scala 1:50000; le immagini non sono rappresentate in scala ma ogni immagine contiene una scala grafica che permette di capire le proporzioni degli oggetti rappresentati.

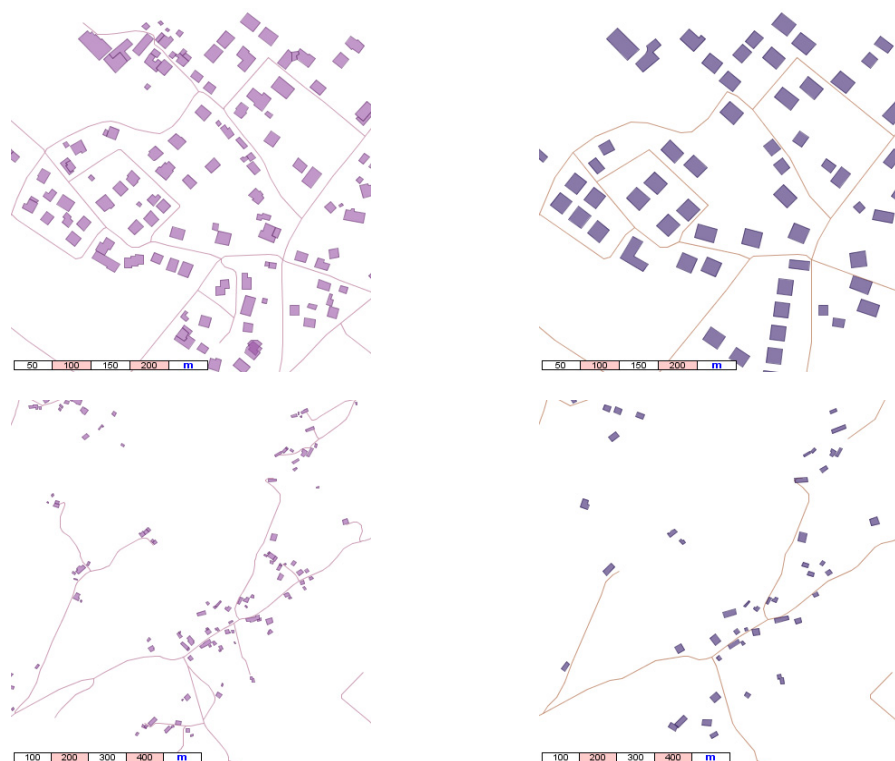


Figura 1. Generalizzazione dell'edificato e della viabilità.

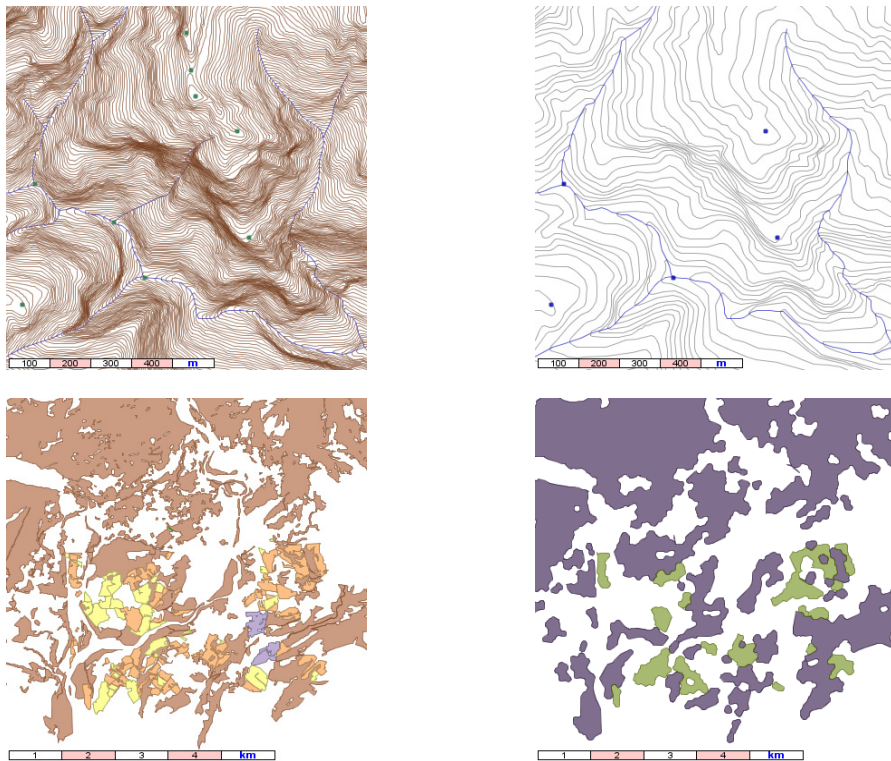


Figura 2. Generalizzazione di tematismi naturali: curve di livello, dei punti quotati e dell'idrografia (riga superiore) e aree verdi (riga inferiore).

## Conclusioni

I risultati del progetto CARGEN2 sono molto soddisfacenti e, sotto tutti i punti di vista, si pongono come un netto miglioramento di quelli ottenuti nel precedente progetto CARGEN. Le scelte effettuate durante l'attività progettuale di CARGEN2 si sono rivelate corrette ed hanno portato allo sviluppo di un processo flessibile ma potente, che può essere esteso facilmente, incorporando nuove soluzioni tecniche e che per questo è auspicabile che presto sia esteso anche al processo di generalizzazione alla scala 1:25000, aggiornando il software prodotto durante il progetto CARGEN.

Durante le fasi di test e di collaudo degli algoritmi, si sono rilevati alcuni problemi nel processo di generalizzazione come pure si sono evidenziati dei margini di miglioramento.

La messa a punto delle procedure si è scontrata in particolare con problematiche legate alle difficoltà del software a gestire:

- dati di input incompleti o non corretti
- situazioni non previste durante la progettazione degli algoritmi

Il primo punto della lista è un problema annoso e difficilmente risolvibile "a valle"; come soluzione parziale al problema, all'interno degli algoritmi del progetto CARGEN2 sono state implementate tecniche anche complesse di correzione d'errore e strategie che hanno reso il processo abbastanza robusto agli errori; queste tecniche però a volte sono impotenti, soprattutto nei casi in cui il dato è mancante. L'auspicabile futuro utilizzo di tecniche di validazione più avanzate e rigorose in tutta la filiera di produzione del dato cartografico è la soluzione più promettente a questo problema.

Il secondo punto è connotato con l'essenza stessa di un progetto di ricerca come CARGEN2 e di un tema così complesso come la generalizzazione cartografica, dove ogni soluzione trovata apre nuove prospettive di indagine e di sviluppo.

In questa ottica i risultati ottenuti con il progetto CARGEN prima e CARGEN2 oggi, rappresentano certamente un importante punto di arrivo per la ricerca sulla generalizzazione cartografica in Italia, ma ancor di più sono diventati, nel tempo, una sempre più solida base di partenza per poter arrivare a risultati ancor più importanti.

Sulla scorta di queste osservazioni, gli sviluppi futuri della ricerca sulla generalizzazione cartografica si muoveranno su tre fronti:

- test di nuovi campioni di dati
- miglioramenti agli algoritmi in termini di prestazioni, robustezza e parametrizzazione
- aggiunta di nuove funzionalità al sistema

### **Bibliografia**

- De Gennaro M, Rumor M, Savino S ( 2009 ) Le procedure per la derivazione del DB25 dal DBT della Regione del Veneto: risultati del progetto CARGEN, Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia, 135, 73-76
- DGIWG ( 2000 ) The Digital Geographic Information Exchange Standard ( DIGEST ): Feature and Attribute coding catalogue Digital Geographic Information Working Group
- Foerster T, Stoter J, Kraak M-J ( 2010 ) Challenges for automated generalisation at European Mapping Agencies: a qualitative and quantitative analysis The Cartographic Journal, 47 (1), 41-54
- Regnauld N, McMaster R B ( 2007 ) A Synoptic view of generalisation operators in: Mackaness W. A., Anne Ruas A., Sarjakoski L. T. (Editors), Generalisation of geographic information: Cartographic modelling and applications, Elsevier Science, 37-66
- Sarjakoski T ( 2007 ) Conceptual models of generalisation and multiple representation in: Mackaness W A, Anne Ruas, Sarjakoski L T (Editors), Generalisation of geographic information: Cartographic modelling and applications, Elsevier Science, 11-37
- Savino S, Rumor M, Congiu S ( 2011 ) Automated cartographic generalization in Italy. In E. M. Fendel, H. Ledoux, M. Rumor, and S. Zlatanova (Eds), The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol. 38-4/C21, 109-114
- Stoter J ( 2010 ) State-of-the-Art of Automated Generalisation in Commercial Software, Report of EuroSDR projects, online: <http://www.eurohdr.net/publications/58.pdf>