

# ESPERIENZA DI GENERALIZZAZIONE CARTOGRAFICA AUTOMATICA IN ITALIA: TECNICHE E RISULTATI DEL PROGETTO CARGEN

## EXPERIENCES OF AUTOMATED CARTOGRAPHIC GENERALIZATION IN ITALY: TECHNIQUES AND RESULTS OF THE CARGEN PROJECT

**Sandro Savino\*** - **Massimo Rumor\*\*** - **Sergio Congiu\*\*\***  
**Maurizio De Gennaro\*\*\*\*** - **Antonio Zampieri\*\*\*\*\***

### Riassunto

La generalizzazione automatica è un campo di ricerca attivo da ormai oltre trenta anni. Recentemente il costante progresso delle tecniche e il miglioramento dei risultati ha portato all'introduzione di procedure di derivazione automatica all'interno dei processi produttivi di alcuni enti cartografici europei.

Questo articolo illustra lo stato della ricerca nel campo della generalizzazione cartografica automatica in Italia e mostra come anche nel nostro paese si stiano conseguendo risultati significativi; in particolare verranno descritti i progressi del progetto CARGEN, che studia la derivazione alla scala 1:25000 e 1:50000 del DBT nazionale.

### Abstract

*The achievements in the field of automated cartographic generalization have recently lead to the actual deployment of automatic processes in the production workflow of some European NMAs.*

*This article describes the state of the research on automated cartographic generalization in Italy, focusing in particular on the results of the CARGEN project, studying the generalization of the National DBT to the 1:25000 and 1:50000 scales.*

---

\* Università degli studi di Padova - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione;  
sandro.savino@dei.unipd.it

\*\* Università degli studi di Padova - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione; rumor@dei.unipd.it

\*\*\* Università degli studi di Padova - Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione; congiu@dei.unipd.it

\*\*\*\* Regione del Veneto - Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia;  
maurizio.degennaro@regione.veneto.it

\*\*\*\*\* Regione del Veneto - Unità di Progetto per il Sistema Informativo Territoriale e la Cartografia;  
antonio.zampieri@regione.veneto.it

## 1. Introduzione

Ad oggi, nonostante i continui avanzamenti delle tecniche e delle tecnologie, la produzione di nuove cartografie si basa ancora in modo rilevante sul lavoro manuale, risultando una attività dagli alti costi e con lunghi tempi di consegna. In maniera analoga anche l'aggiornamento della cartografia esistente risulta essere un'operazione molto lunga e costosa; questi due fatti rendono molto oneroso e difficile per gli enti cartografici creare e mantenere aggiornati dati a scale diverse, come però è richiesto da molti scenari applicativi.

In questo contesto, risultano evidenti i vantaggi della generalizzazione cartografica automatica: gli oltre trenta anni di ricerca hanno infatti portato a risultati che oggi offrono l'opportunità di produrre ed aggiornare dati multi-scala con tempi e costi ridotti.

In un momento in cui si assiste da una parte ad un aumento della domanda di mappe aggiornate e a basso costo e dall'altra parte ad una diminuzione delle risorse economiche a disposizione degli enti cartografici, la generalizzazione automatica si presenta forse come l'unica soluzione percorribile per soddisfare le richieste di una sempre più grande base di utenti interessati ai prodotti cartografici.

Mentre alcuni enti cartografici europei stanno già impiegando la generalizzazione cartografica automatica nei propri processi produttivi, o stanno programmando di farlo a breve, in Italia non si è ancora deciso di sfruttare in modo incisivo questa opportunità.

L'intento di questo articolo è tracciare il quadro della ricerca nel campo della generalizzazione automatica in Italia, in particolare focalizzandosi sui risultati del progetto CARGEN, una ricerca tutt'ora in corso presso l'Università degli Studi di Padova che sta studiando la generalizzazione alla grande media scala.

## 2. La generalizzazione automatica in Italia

I grandi benefici che si possono trarre dalla generalizzazione automatica l'hanno resa da ormai diversi anni oggetto di una intensa ricerca a livello internazionale. Verso la fine degli anni novanta e gli inizi del duemila si può assistere ad uno spostamento della linea di ricerca dal campo teorico al campo sperimentale, innescato probabilmente dal continuo accumularsi di conoscenze negli anni precedenti e che si concretizza nel fiorire di una serie di progetti di ricerca applicata in ambito internazionale.

Su scala nazionale, l'interesse per questo tema è testimoniato da alcuni progetti ed iniziative di studio promossi dagli enti cartografici a livello interno o coinvolgendo università o software house.

Di seguito verranno illustrati i due maggiori progetti italiani che hanno interessato il primo decennio del duemila.

Nel 2002 la Regione Sardegna ha finanziato un progetto di ricerca intitolato "La generalizzazione cartografica automatica in ambiente GIS", sviluppato in collaborazione con l'Università degli Studi di Cagliari e durato due anni. Il progetto si proponeva i seguenti obiettivi (Deruda G.P. et al, 2005, pp. 85-96):

- lo studio di una metodologia per la generalizzazione di dati geografici da una media scala (1:10000) ad una piccola scala (1:25000, 1:50000, 1:100000 e 1:250000);
- lo sviluppo della metodologia di generalizzazione all'interno di un processo automatizzato;
- il test su cartografia numerica;
- la verifica dei risultati ottenuti in termini di precisione metrica, di comprensibilità della carta e di veridicità.

Il processo di generalizzazione, basato su tecniche automatiche o semi automatiche, è stato sviluppato all'interno della piattaforma ESRI ArcGIS (all'epoca alla versione 8.1) usando come dati di input del processo alcuni fogli in scala 1:10000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna.

Il progetto si è articolato in varie attività, che hanno incluso la modellazione del processo di generalizzazione con lo studio dei modelli dati e delle specifiche e la definizione dei vincoli, l'analisi delle fun-

zionalità richieste e quelle fornite dal software, l'implementazione delle procedure, inclusa la realizzazione di una interfaccia utente grafica, ed una ristrutturazione della cartografia di partenza necessaria per prepararla all'elaborazione.

Il processo di derivazione è stato basato su un modello di generalizzazione a vincoli: secondo questo approccio le regole di generalizzazione sono modellate come quantità numeriche vincolate ad una soglia; ai singoli vincoli o a gruppi di essi è associata una priorità e sono inoltre collegati uno o più algoritmi che, attivati al superamento della soglia prevista, permettono di riportare, tramite opportune trasformazioni, i valori entro i limiti permessi. Le regole di generalizzazione vengono create basandosi sia sulle specifiche dei singoli oggetti da derivare (es. i limiti di acquisizione), sia cercando di tradurre in una formula numerica altri aspetti legati al cambio di scala (es. la leggibilità).

L'implementazione delle procedure ha richiesto per la maggior parte di sviluppare appositi strumenti in *VisualBasic* da affiancare alle limitate funzioni di derivazione fornite dal software; le operazioni di trasformazione più significative sono state richieste dai tematismi di altimetria, rete stradale, rete fluviale e fabbricati.

Secondo quanto riportano gli autori, il progetto ha portato a risultati apprezzabili per la derivazione alla scala 1:50000, mentre a scale più piccole c'è una crescente degradazione del dato rappresentato. In generale, notano gli autori, esiste un problema di dati di partenza, che ancor più che geometrico è principalmente semantico: il modello dati, non pensato per la logica multi-scala, non fornisce informazioni sufficienti per operare una buona selezione dei dati alle scale minori.

Nel Veneto, nel 2001 la Regione e l'Istituto Geografico Militare, presentarono i risultati di una sperimentazione che prevedeva la formazione di una tavoletta alla scala 1:25000 (Monselice) e del relativo database, ottenuta per derivazione e generalizzazione delle banche dati territoriali della Carta Tecnica Regionale Numerica prodotte dal Servizio Cartografico della Regione Veneto. Era un primissimo risultato di un'attività di coordinamento tra i due Enti che realizzavano così un nuovo strumento di conoscenza e documentazione del territorio le cui caratteristiche ed i contenuti informativi e geometrici erano relazionati con quelli della Carta Tecnica Regionale; ma le attività avviate e sperimentate risentivano ancora del continuo intervento degli operatori e non rispondevano a un completo processo di automazione delle procedure.

Con l'avvio delle nuove iniziative in Italia (Codice dell'Amministrazione Digitale) e in Europa (direttiva INSPIRE), che proponevano nuovi linguaggi e nuove regole per la standardizzazione dell' "Informazione Territoriale", nel 2006 la Regione Veneto finanzia un progetto di ricerca, chiamato CARGEN (*CARto-graphic GENeralization*), sviluppato in collaborazione con l'Università degli Studi di Padova. Il progetto, svolto presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'ateneo e che vede anche la collaborazione dell'Istituto Geografico Militare Italiano, si è svolto in due fasi, di cui la seconda ancora in corso. Durante la prima fase la ricerca si è focalizzata sui seguenti obiettivi:

- la conversione della CTRN della Regione Veneto in un DB Regionale (GeoDBR), modellato secondo le specifiche IntesaGIS;
- la generalizzazione automatica del DB IGM in scala 1:25000 (DB25) a partire dal DB Regionale prodotto.

La seconda fase, iniziata nel 2009 con l'estensione del progetto, ha spostato l'attenzione sulla derivazione ad una scala minore, focalizzandosi su:

- la definizione di un modello dati per un DB in scala 1:50000 (DB50) basato sulle specifiche delle carte IGM "Serie 50";
- la generalizzazione automatica del DB50 a partire dal DB Regionale.

Dopo una fase iniziale di analisi degli strumenti software disponibili sul mercato, giudicati non sufficientemente completi né flessibili a modifiche, il progetto ha deciso di basarsi su uno sviluppo in proprio

degli strumenti di derivazione necessari: l'idea di base è quella di partire dalle migliori soluzioni disponibili nel campo della ricerca internazionale e adattare specificatamente ai modelli dati trattati, modificando gli algoritmi e realizzandone di nuovi ove necessario. Lo sviluppo del software è stato basato su Java, un linguaggio multi-piattaforma, con una grande base di utenza e che permette di appoggiarsi a strumenti e librerie *open-source* (quali ad esempio le librerie Java Topology Suite e il GIS OpenJUMP); per le funzionalità spaziali nella prima fase il progetto si è appoggiato ad Oracle Spatial ma successivamente il software è stato reso indipendente dal database: permettendo di usare un qualsiasi database spaziale (ad esempio PostGIS) si è riusciti a svincolare completamente il processo dai software commerciali.

La scelta di realizzare in proprio il software, sebbene abbia rallentato lo sviluppo nelle fasi iniziali poiché si sono dovute mettere a punto quelle procedure di base che i software commerciali mettono a disposizione, ha permesso successivamente di sviluppare un software flessibile capace di integrare nel modo più diretto possibile soluzioni derivate dalla ricerca e di dare la massima libertà allo sviluppatore nell'implementazione di nuove tecniche di generalizzazione.

Nel capitolo successivo alcune delle tecniche e dei risultati del progetto CARGEN verranno descritti più in dettaglio.

### 3. Esperienze del progetto CARGEN

In questo capitolo verranno descritte alcune delle tecniche e dei risultati della ricerca sulla generalizzazione cartografica in Italia. In particolare si farà riferimento al progetto CARGEN che per longevità, approccio, tematiche affrontate e numero di pubblicazioni è al momento il progetto più complesso in corso in questo campo nel nostro paese.

Sebbene i termini generalizzazione cartografica o derivazione possano assumere vari significati, qui sono intesi come una operazione di derivazione di un database a media scala a partire da un database a grande scala; in particolare si farà riferimento alla derivazione di un database a specifiche IGM in scala 1:25000 o 1:50000 a partire da un database a specifiche IntesaGIS in scala 1:5000 o 1:10000.

Il processo di generalizzazione cartografica è il risultato di due diverse operazioni: la generalizzazione dei dati semantici e la generalizzazione dei dati geometrici. La prima operazione, detta anche generalizzazione semantica, permette di trasferire le informazioni numeriche o testuali dal dato di origine al dato generalizzato, trasformandole in maniera tale da renderle compatibili con il modello dati di destinazione.

La seconda operazione, detta anche generalizzazione geometrica, riguarda invece la rappresentazione del dato: le geometrie subiscono delle trasformazioni che le rendono rappresentabili alla scala di destinazione.

Questi due aspetti della generalizzazione, sebbene siano in realtà interconnessi, si prestano ad essere trattati separatamente.

#### 3.1 Generalizzazione semantica

Il processo di generalizzazione semantica risulta necessario quando i modelli dati del dato generalizzato e del dato di origine differiscono: in questo caso è necessario trovare per tutte le *feature class* e per tutti gli attributi presenti nel modello dati di destinazione gli attributi e le *feature class* nel modello dati di origine che vi corrispondono. Nei casi più semplici la corrispondenza tra le entità nel modello d'origine e quelle nel modello di destinazione sarà uno ad uno, oppure molti ad uno; in caso contrario, in cui manchi una corrispondenza diretta oppure sussista una ambiguità dovuta ad una corrispondenza uno a molti (da una entità a scala maggiore derivano più entità a scala minore) la generalizzazione semantica è più complessa, se non addirittura non possibile.

Questo lavoro di mappatura tra i modelli dati, ovvero di individuazione delle corrispondenze tra essi, viene eseguito interpretando e confrontando le definizioni e le specifiche riportate nella documentazione; è un lavoro complesso che mal si presta ad essere automatizzato ed è per questo eseguito a mano.

Secondo quanto riportato da (Deruda G.P. et al, 2005, p. 96), la generalizzazione della CTR della Regione Sardegna a scale minori è ostacolata dalla mancanza di informazioni multiscale nel dato semantico: questa mancanza rende difficile operare i processi di selezione e classificazione necessari per derivare i dati alla media o piccola scala.

Il progetto CARGEN, nella sua prima fase, ha studiato la derivazione del DB25 IGM a partire dai dati della CTRN della Regione Veneto e dal GeoDBR, un prototipo di database a specifiche IntesaGIS; nella seconda fase della ricerca ha invece studiato la derivazione dal DBT della Regione Veneto, aggiornando lo studio man mano che questo evolveva per mantenersi conforme al modello nazionale.

Questo ha permesso di comparare il livello di derivabilità tra questi vari modelli dati e i modelli IGM, di fatto confermando che i database sviluppati secondo le più recenti evoluzioni dei modelli su base IntesaGIS offrono una derivabilità assai superiore dei precedenti modelli su base CTR e permettono di generalizzare quasi completamente i database su base IGM (si veda anche Corongiu M. et al, 2010, pp. 665-670).

Nel seguito di questa sezione, illustrando alcuni dei risultati ottenuti nel processo di generalizzazione semantica all'interno del progetto CARGEN, si farà riferimento in particolare alla mappatura tra il DBT della Regione Veneto e il DB25 IGM: ad oggi infatti non esiste un modello ufficiale IGM per un database alla scala 1:50000; una proposta per tale modello è stata tuttavia formalizzata all'interno della seconda fase del progetto CARGEN, durante la quale è stato sviluppato un prototipo di modello DB50 che ripropone la struttura del DB25 ma è modellato sulle specifiche IGM per la formazione della Carta d'Italia in scala 1:50000. Poiché il modello DB50 risulta completamente derivabile dal DB25, la maggior parte delle considerazioni riferite di seguito si applicano anche alla derivazione di questo modello dati.

Durante il processo di generalizzazione semantica, sono stati individuati un grande numero di entità direttamente derivabili, tipicamente oggetti semplici, privi di una tassonomia complessa, ad esempio le scoline, oppure entità la cui definizione è comune ad entrambi i modelli dati come ad esempio i sotto oggetti della classe AAL015 Building come Municipio, Edificio Generico, Chiesa, ...; per questo tipo di entità la derivazione si ottiene scrivendo delle semplici regole che trasferiscono i dati dalle tabelle del database in ingresso alle tabelle del database generalizzato, eventualmente convertendo i valori numerici o testuali nel formato adatto.

Esiste un insieme di entità nel DB25 la cui derivazione semantica richiede invece l'utilizzo di alcune procedure software; questo è tipicamente il caso di entità che nel DB25 sono più specializzate che nel DBT, ad esempio le curve di livello che sono rappresentate con entità diverse a seconda che siano o meno su ghiacciaio.

Poiché questo tipo di distinzioni più che concettuali sono funzionali alla rappresentazione (ad ogni sotto oggetto IGM di solito corrisponde un diverso segno convenzionale) esse non trovano corrispondenza nel DBT, che non tratta questo tipo di informazione di carattere tematico: nel DBT mancano quindi gli attributi che permettono di distinguere correttamente le varie entità specializzate ed è necessario sviluppare delle procedure software in grado di estrarre l'informazione mancante.

Della stessa tipologia di entità non direttamente derivabili sono i muri di sostegno, che si specializzano a seconda che siano o meno lungo una ferrovia o una strada, e anche a seconda della tipologia di quest'ultima, oppure gli argini che sono classificati in grandi, medi o piccoli a seconda della loro altezza, o i corsi d'acqua, sia naturali che artificiali, che nel database IGM sono classificati in base alla loro larghezza.

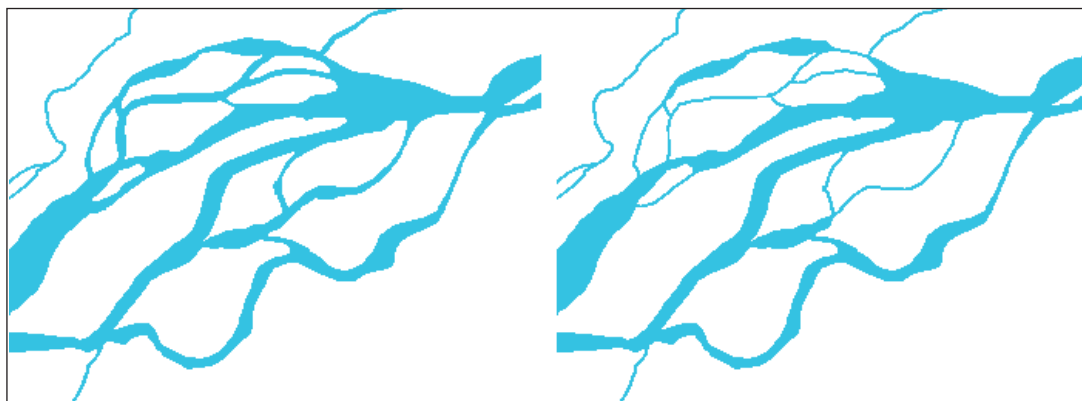


Fig. 1 – I corsi d'acqua naturali vengono classificati sulla base della larghezza: a sinistra i dati originali, a destra il dato generalizzato

All'interno del progetto CARGEN questi problemi di derivazione sono stati risolti sviluppando funzioni che basandosi sull'informazione spaziale dei dati calcolano valori come area, lunghezza, altezza, larghezza, orientamento o analizzano relazioni di prossimità e adiacenza.

I problemi più complessi nella derivazione semantica si riscontrano nel caso in cui i due modelli dati classifichino lo stesso tipo di oggetto reale secondo due tassonomie completamente diverse: in questo caso è molto probabile che nel database di origine manchino completamente le informazioni necessarie per derivare la classificazione del database di destinazione.

Nonostante la derivabilità del DB25 sia stata uno dei criteri considerati nella definizione del modello nazionale di DBT, una incompatibilità di questo tipo è individuabile confrontando i modelli usati per classificare le strade: mentre il DBT fa riferimento alla classifica tecnico-funzionale del codice della strada, IGM utilizza una classificazione basata su vari parametri, come larghezza, tipo di fondo, presenza di spartitraffico, numero di corsie, ... che non è derivabile dalle informazioni presenti nel DBT. Questo comporta che, da un punto di vista formale, non è attualmente possibile creare una mappa delle corrispondenze per la derivazione della viabilità tra i database a specifica IntesaGIS e i database a specifica IGM.

Si può affrontare questo problema in tre modi: trovando una corrispondenza approssimativa tra le entità dei due modelli, oppure integrando l'informazione mancante nel DBT o, infine, modificando il modello IGM (questa era stata la strada sperimentata durante il progetto CARGEN).

Tra queste tre alternative, la prima pare al momento la soluzione più percorribile rispetto all'ipotesi, teoricamente più solida, di uniformare i due modelli dati poiché questo richiederebbe di aggiungere al DBT ulteriori attributi (come ad esempio il fondo stradale), aumentando ulteriormente la complessità del popolamento dei dati durante la fase di restituzione o di aggiornamento del database oppure modificare il modello IGM della viabilità e, di conseguenza, tutte le entità ad essa correlate (come ad esempio i muri di sostegno e i ponti), nonchè probabilmente i loro segni convenzionali.

### 3.2 Generalizzazione geometrica

La generalizzazione geometrica è forse l'aspetto più complesso del processo di generalizzazione cartografica: la trasformazione delle geometrie per adattarle ad una nuova scala infatti non solo da un lato si basa su un vasto numero di tecniche diverse, ma dall'altro richiede una grandissima abilità e competenza



Fig. 2 – Incroci stradali individuati tramite analisi morfologica

che sono appannaggio dei soli cartografi più esperti. Poiché la generalizzazione cartografica è sempre stata svolta a mano, mancano delle specifiche formali su come effettuare tale operazione; lo stesso concetto di cosa sia una “buona generalizzazione” è di difficile definizione. Lo sviluppo di un processo di generalizzazione automatica richiede quindi da un lato una buona abilità di programmazione ma dall’altro anche una grande sensibilità cartografica. Per questo motivo durante lo sviluppo degli algoritmi di generalizzazione del progetto CARGEN è stato di fondamentale aiuto la collaborazione sia dei cartografi della Regione Veneto, sia di quelli dell’Istituto Geografico Militare.

Nonostante il progetto CARGEN sia mirato al contesto italiano, l’approccio alla ricerca è stato di largo respiro: gli algoritmi sviluppati per il progetto CARGEN si basano sullo stato dell’arte della ricerca internazionale, adattando ai modelli italiani le migliori soluzioni disponibili, dove possibile migliorandole o realizzando, quando necessario, tecniche e soluzioni nuove. Durante lo sviluppo del processo di generalizzazione si è creata una rete di contatti con i principali gruppi di ricerca europei e non, sia presso università che enti cartografici, che ha portato anche a diverse collaborazioni; tutto questo ha permesso di sviluppare un processo in grado di affrontare tutte le varie tematiche legate alla generalizzazione geometrica in taluni casi con tecniche innovative oggetto di pubblicazioni internazionali.

Il processo di generalizzazione sviluppato è un sistema che mette insieme sia metodi basati su semplici costrutti condizionali o metodi più avanzati basati su un modello a vincoli. La parte più complessa del processo di generalizzazione sviluppato sono però le funzionalità di *data-enrichment* che permettono di estrarre dai dati informazioni non presenti esplicitamente e renderle disponibili ad altri algoritmi per metterli in grado di operare delle scelte informate; queste funzionalità si basano principalmente su algoritmi di analisi del contesto e di analisi morfologica che analizzano il dato spaziale di una singola geometria o le relazioni tra essa e le geometrie vicine. Questo tipo di operazioni permettono di arricchire il modello dati di partenza riuscendo quindi a sopperire ad informazioni che sono mancanti o fornire informazioni aggiuntive utili al processo di derivazione. In questo senso il processo di generalizzazione sviluppato in CARGEN si può definire anche *knowledge-based*. L’approccio *knowledge-based* basato sulle tecniche di *data-enrichment* permettono agli algoritmi del progetto CARGEN di superare le limitazioni rilevate durante altri progetti di ricerca sulla derivazione automatica.

Un esempio di questo tipo di funzioni sono quelle descritte precedentemente nella sezione di derivazione semantica che si occupano di misurare alcune quantità geometriche dei dati, quali ad esempio orientamento, altezza o larghezza.

Un esempio più complesso riguarda invece la classificazione delle parti che compongono la rete autostradale: tramite un’apposita procedura basata sia su analisi morfologiche, sia su considerazioni tecniche

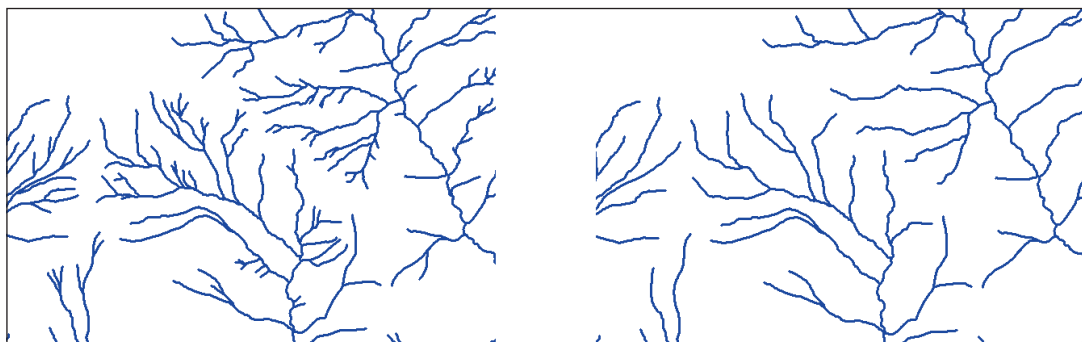


Fig. 3 – Lo sfoltimento del grafo idrografico avviene anche tramite tecniche di analisi del contesto (a sinistra il dato originale, a destra il dato generalizzato)

relative alla forma delle autostrade italiane, è possibile suddividere gli elementi della classe EL\_STR del DBT che formano una autostrada in carreggiate, svincoli, aree di sosta e stazioni di pedaggio, preparandoli ad essere generalizzati nelle rispettive classi del DB25 che altrimenti non sarebbero derivabili. Successivamente un'altra procedura di analisi morfologica permette di individuare gli svincoli e le carreggiate doppie: questo tipo di informazione verrà usata per collasare ad una linea singola queste parti della rete autostradale.

Con un approccio analogo, è stata sviluppata una procedura in grado di individuare e classificare le giunzioni stradali (ad esempio rotonde ed incroci) permettendo di applicare strategie di generalizzazione differenti a seconda della tipologia e della forma della giunzione (vedi Savino et al., 2009).

Le tecniche di analisi morfologica e del contesto trovano in generale applicazione nella generalizzazione delle classi rappresentate come un grafo, come ad esempio la rete ferroviaria o il reticolo idrografico, per cui sono state sviluppate apposite procedure (si veda ad esempio Savino S. et al., 2011b, pp.439-457).

Un diverso tipo di analisi, che studia orientamenti e gruppi, viene usata nelle procedure sviluppate per l'operazione di tipificazione delle geometrie: in questo tipo di trasformazione un gruppo di elementi aventi alcune caratteristiche di omogeneità, vengono derivati sostituendo tutti gli elementi con un nuovo gruppo, meno numeroso ma che presenta le stesse caratteristiche salienti.

Un esempio di algoritmo di questo tipo è quello sviluppato per la generalizzazione delle scoline (Savino S. et al., 2011a, pp. 425-437), in grado di individuare e sfoltire gruppi di scoline mantenendo la regolarità e l'orientamento della distribuzione originale.

Un altro esempio riguarda la tipificazione dei manufatti e degli edifici, applicata ad esempio nello sfoltimento di un gruppo di silos; in questo caso la procedura di generalizzazione è più complessa in quanto la fase di tipificazione è preceduta da una analisi che permette di individuare gruppi di oggetti omogenei da tipificare ed inoltre lo sfoltimento avviene in maniera da rispettare i vincoli semantici e topologici imposti dal contesto.

Oltre alle tecniche combinate di analisi morfologica e del contesto citate, il processo di generalizzazione è basato su ulteriori funzionalità, quali ad esempio i metodi per la trasformazione delle primitive geometriche (ad esempio la riduzione di un poligono ad una linea), regole di derivazione condizionale più o meno complesse (ad esempio ridurre la geometria a punto se la lunghezza del ponte è inferiore a 250 metri) ed altre tecniche appositamente sviluppate per la generalizzazione di geometrie areali, lineari e puntuali come boschi, muri e punti quotati (per maggiori dettagli si veda Savino S., 2011).





Fig. 4 – Nella generalizzazione degli edificato a seconda della densità del contesto in cui sono inseriti gli edifici le tipificazione produce forme diverse

La complessità del processo di derivazione in CARGEN è aumentata di pari passo con l'incremento del numero di tecniche di generalizzazione sviluppate: recentemente sono state quindi realizzate alcune funzionalità che permettono un controllo più fine delle varie fasi di generalizzazione come pure una visualizzazione del dato prodotto che simuli la vestizione con i segni convenzionali; questi strumenti, permetteranno di far evolvere ulteriormente il progetto CARGEN, aiutando nel collaudo dei vari algoritmi, nell'implementazione di nuove soluzioni e nella messa a punto del processo, migliorando ulteriormente i risultati.

#### 4. Conclusioni

La generalizzazione cartografica automatica è una delle sfide più importanti per la cartografia nel presente e nel prossimo futuro.

In un momento in cui la cartografia sta diventando sempre più un prodotto di massa e gli utenti, soprattutto tramite strumenti web, sono abituati ad accedere in maniera rapida e gratuita ad informazioni spaziali aggiornate e multi-scala, innescando la nascita di nuovi servizi e di nuovi mercati, la generalizzazione cartografica si presenta come una opportunità, se non una necessità, per contenere i costi di produzione ed aggiornamento delle cartografie ed essere in grado di fornire dati e servizi che soddisfino le richieste degli utenti.

In Italia la presenza sul territorio di diversi enti cartografici e la differenza nei modelli dati ha finora vincolato la ricerca e le esperienze in questo campo a sperimentazioni nelle singole regioni, spesso condotte in maniera indipendente una dall'altra. Con l'adozione di un modello dati unico su scala nazionale per la grande scala, e le conferme date da varie esperienze sul territorio della derivabilità delle scale IGM da questo modello, è possibile ora immaginare una ricerca a livello nazionale che sotto una regia centrale possa mettere a frutto le non indifferenti esperienze maturate in questo campo.

La ricerca a livello internazionale sulla generalizzazione cartografica non ha ancora prodotto al momento risultati che permettano una soluzione completamente automatica (Stoter J., 2010, pp. 199-204) e nonostante i continui progressi nel campo, potrebbe non essere mai raggiunto un livello tale da eguagliare i risultati di una generalizzazione manuale.

Questo tipo di risultato però risulta raggiungibile se si accetta di cambiare il modo cui si guarda una carta derivata: il dato generalizzato automaticamente può da una parte richiedere di accettare dei compromessi sulla rappresentazione grafica, ma dall'altra offre alcuni vantaggi sul dato generalizzato a mano, non solo di carattere economico, ma ad esempio anche di accuratezza e ripetibilità.

D'altronde non vi sono alternativa a questo approccio se non quella di non produrre cartografia a scale cui difficilmente si può rinunciare o utilizzare cartografie realizzate ad hoc, costose e di qualità non nota. Non è consigliabile attendere risultati totalmente automatici, è già possibile oggi trasformare le

esperienze maturate nel campo della generalizzazione automatica in strumenti semi automatici che possano aiutare i cartografi nel loro lavoro, lasciando al computer alcune parti del processo e permettendo agli operatori umani di concentrarsi su operazioni più complesse non ancora risolte dagli algoritmi dove la loro grande esperienza risulta fondamentale. Questo approccio rende fin da subito il processo di generalizzazione più efficiente e veloce, meno costoso, in sintesi fattibile.

## Ringraziamenti

Si ringraziano il Ten. Col. Gennaro Afeltra, Cinzia Taffi, Claudio Rocchini, Geremia Giovanale presso IGM per il continuo supporto, passato e presente, durante tutte le fasi del progetto.

## Bibliografia

- CORONGIU M., DE FILIPPIS T., FANTOZZI P.L., PIRRO A., BASTONE M.F., (2010), *La derivazione del DB25 dell'IGM dal DB Topografico di Regione Toscana*, Atti della XIV Conferenza Nazionale ASITA, Brescia 2010, pp. 665-670
- DE GENNARO M., RUMOR M., SAVINO S., *Le procedure per la derivazione del DB25 dal DBT della Regione del Veneto: risultati del progetto CARGEN*, Bollettino della Associazione Italiana di Cartografia, 135, Aprile 2009
- DERUDA G.P., FALCHI E., FALCHI U., VACCA G., (2005), *La generalizzazione cartografica automatica in ambiente GIS*, Bollettino SIFET, Vol. 2, 2005, pp. 81-96
- FALCHI E. ET AL., (2002), *La derivazione cartografica in ambiente GIS della CTR numerica della Regione Autonoma della Sardegna alla scala 1:50000*, Atti della V Conferenza Nazionale ASITA, Perugia 2002, 2, pp. 775-780
- SAVINO S., RUMOR M., LISSANDRON I. (2009), *Road junction generalization in large scale geodatabases*. In A. Krek, M. Rumor, S. Zlatanova, E. M. Fendel (Eds), *UDMS Annual 2009*, Taylor & Francis
- SAVINO S., (2011), *A solution to the problem of the generalization of the Italian geographical databases from large to medium scale: approach definition, process design and operators implementation*, Tesi di Dottorato, Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università degli Studi di Padova
- SAVINO S., RUMOR M., ZANON M., (2011a), *Pattern Recognition and typification of ditches*. In A. Ruas (Ed), *Advances in Cartography and GIScience*. Vol 1, Springer, pp. 425-437
- SAVINO S., RUMOR M., CANTON F., LANGIÙ G., RAINERI M., (2011b), *Model and cartographic generalization of the hydrography network in the CARGEN project*. In A. Ruas (Ed), *Advances in Cartography and GIScience*. Vol 1, Springer, pp. 439-457
- STANISLAVSKY L., SAVINO S., (2011), *Pruning of Hydrographic Networks: A Comparison of Two Approaches*, 14th ICA Workshop, 2011, Paris
- STOTER J. (2010) *State-of-the-Art of Automated Generalisation in Commercial Software*, Report of EuroSDR projects, <http://www.euroSDR.net/publications/58.pdf>