



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Informatica

Tesi di Laurea

Miglioramenti agli algoritmi CARGEN per la generalizzazione dei manufatti

Relatore: Prof. M. Rumor

Laureando: Pablo Calzavara Pinton

Matricola: 581001 – IF

Anno accademico 2011-2012

Indice generale

1 Cartografia.....	5
1.1 Situazione cartografica in Italia.....	7
1.1.1 Il DB25.....	9
1.1.2 Carta Tecnica Regionale Numerica.....	10
1.1.3 DBT.....	13
1.2 La generalizzazione cartografica.....	14
1.2.1 Sviluppo generalizzazione cartografica automatica	16
1.2.2 Sviluppo della generalizzazione cartografica automatica in italia....	19
2 Il progetto CARGEN.....	22
2.1 Obiettivi.....	22
2.2 Strumenti utilizzati	23
2.2.1 Eclipse.....	24
2.2.2 JTS Topology Suite	24
2.2.3 OpenJump	25
3 Generalizzazione degli edifici.....	27
3.1 Problematiche da affrontare.....	27
3.2 Panoramica sugli algoritmi esistenti.....	29
3.2.1 Sester	29
3.2.2 Squaring.....	31
3.3 Limiti e ipotesi di miglioramento	34
4 Soluzioni proposte ai problemi riscontrati.....	35
4.1 Soluzione proposta relativamente al self-merge.....	35
4.2 Soluzione presentata relativamente al problema dell'exaggeration degli edifici isolati.....	41
4.3 Conclusioni.....	48

Introduzione

La generalizzazione cartografica è il processo che permette la creazione di una cartografia a partire da una cartografia esistente a scala più alta. Questa procedura, fino all'avvento dell'era informatica, era lunga ed onerosa e veniva svolta a mano dai cartografi. L'automazione della generalizzazione cartografica, è un campo di ricerca di notevole rilevanza per molteplici usi, tuttavia, questo processo comporta una serie di difficoltà da affrontare, tra le quali, la principale è che la quantità di informazioni rappresentabili è maggiore dello spazio disponibile, questo perchè lo spazio per contenere gli elementi diminuisce al diminuire della scala.

In questo ambito si va a collocare il progetto CARGEN (Cartographic Generalization), nato dalla collaborazione tra il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova e la regione Veneto.

L'obiettivo del progetto, è quello di sviluppare strumenti in grado di automatizzare la produzione di un database topografico in scala 1:25.000 e 1:50.000, partendo dal database topografico in scala 1:5.000 della Regione Veneto.

Questa tesi si pone come obiettivo il miglioramento dell'attuale processo di generalizzazione degli edifici introducendo due algoritmi per la soluzione dei problemi, attualmente non trattati, del self-merge e della generalizzazione degli edifici isolati, I risultati ottenuti sono stati verificati su alcuni dataset di prova.

Capitolo 1

1 Cartografia

La parola cartografia, deriva dal Greco Χάρτης, chartes o charax = foglio di papiro (carta) e graphein = scrivere grazie alla quale si indica la capacità di creare e analizzare rappresentazioni grafiche sfruttando conoscenze scientifiche, tecniche ed artistiche.

La rappresentazione della realtà su mappe ha radici lontane ed è da molto tempo parte integrante della storia umana, la storia della cartografia infatti, ha origine già nella preistoria, dove i nostri progenitori cominciarono a raffigurare il mondo circostante con dei graffiti rupestri. Da lì in poi ha continuato ad evolversi passando attraverso le prime pergamene Babilonesi, fino a giungere alle odierne carte geografiche, mappe tematiche e mappe numeriche.



Figura 1: Testimonianze di mappe antiche: prima babilonese, seconda medievale

L'idea di dare una rappresentazione grafica del territorio circostante, ha segnato un importante passo in avanti nello sviluppo intellettuale dell'uomo, poiché ha permesso di non perdere le informazioni acquisite fino a quel momento, rendendole fruibili dalle generazioni future permettendo così lo sviluppo delle conoscenze spaziali dei vari popoli.

Solitamente le carte geografiche vengono suddivise tra carte tematiche e carte topografiche. Le prime, forniscono informazioni su uno o più aspetti particolari del territorio rappresentato, servono ad evidenziare la distribuzione di un attributo, ne è un esempio una carta che rappresenta la distribuzione della popolazione mondiale.

Le carte topografiche invece, mostrano parti di superficie terrestre dove sono visibili anche le opere dell'uomo come via di trasporto, insediamenti, sullo sfondo dello spazio naturale come fiumi, coste e rilievi.

Le mappe in generale vengono poi suddivise sulla base della loro scala:

- mappe a scala maggiore di 1:10.000 :vengono per lo più usate per rappresentazioni catastali
- carte topografiche: scale variabili tra 1:10.000 1:100.000 usate per la rappresentazione di zone limitate della superficie terrestre
- carte coriografiche: scale comprese tra 1:100.000 e 1:1.000.000 servono per la rappresentazione di superfici estese come regioni o intere nazioni
- carte geografiche: scale minori di 1:1.000.000 rappresentano porzioni di globo come i continenti

L'avvento degli elaboratori elettronici negli ultimi 30 anni, ed il costante miglioramento delle loro prestazioni, ha portato ad una vera e propria rivoluzione nel mondo della Cartografia portando all'introduzione dei GIS, (acronimo di Geographic Information System) i Sistemi Informativi Geografici.

Grazie a questo nuovo strumento le informazioni geografiche e le relazioni spaziali, si separano dal supporto cartaceo, per divenire contenuti informativi che permettono l'acquisizione, la registrazione, l'analisi, la visualizzazione e la restituzione di informazioni derivanti da dati geografici (geo-riferiti). il GIS è composto da una serie di strumenti software ed è un sistema informatico che è in grado di produrre, gestire e analizzare dati spaziali associando a ciascun elemento geografico una o più descrizioni alfanumeriche.

1.1 Situazione cartografica in Italia

In Italia, l'istituto preposto al mantenimento di una cartografia a livello nazionale è l'Istituto Geografico Militare (IGM), fondato nel 1872 con il nome di Istituto Topografico Militare ed a cui si deve la creazione della prima carta nazionale in scala 1:100.000. Le rilevazioni cominciarono nel 1878 e la produzione si concluse in quasi trent'anni. Questa, era composta da 271 fogli in scala 1:100.000 che comprendevano l'intero territorio italiano. I rilevamenti furono eseguiti in scala 1:50.000 per i $\frac{3}{4}$ del territorio, mentre per le zone più densamente urbanizzate e militarmente importanti alla scala 1:25000. Successivamente, fu completata la stesura della serie in scala 1:25.000 ,composta da 3.545 elementi denominati tavolette. Terminata la carta topografica 1:25.000, nel 1966 l'I.G.M. pose in produzione la carta alla scala 1:50.000 la quale, a parità di formato, offre un abbraccio territoriale quattro

volte maggiore, rispetto al 25.000, conservando, per altro, un contenuto informativo sufficientemente dettagliato, inoltre è più aderente alle moderne esigenze militari ed in linea con la politica cartografica sia del Patto Atlantico, sia della gran parte dei partner europei.

L'odierna attività dell'I.G.M., è in effetti ,principalmente orientata alla produzione di nuove forme di presentazione dell'informazione geografica ed alla formazione di sistemi informativi geografici da cui estrarre le versioni su carta alle scale 1:25.000, 1:50.000, 1:250.000 e scale a minor dettaglio.

Attualmente l'IGM mantiene per la scala 1:25.000 le serie 25, 25V e 25DB, per la scala 1:50.000 le serie 50 e 50L e per la scala 1:100.000 le serie 100V e 100L. Tra le varie serie sussiste un preciso rapporto matematico: ogni foglio di una scala 1:100.000 è divisa in 4 settori rappresentati in altrettante mappe della serie 1:50.000, dette quadranti, ognuno dei quali è a sua volta diviso in quattro parti, corrispondenti ciascuno ad una tavoletta in scala 1:25.000.

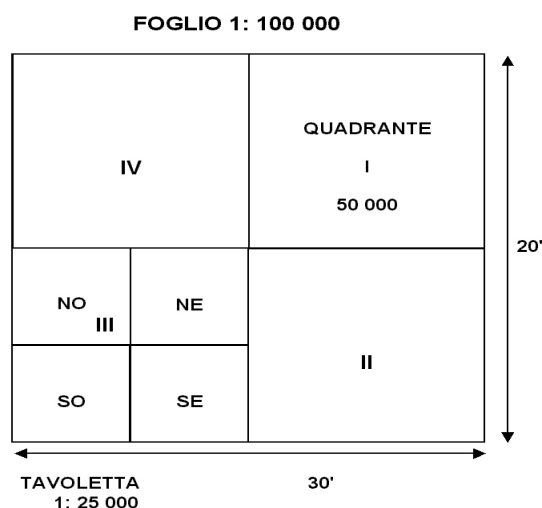


Figura 2:Rapporto tra fogli,quadranti e tavolette IGM

La serie 25, è la serie a scala maggiore per quanto concerne le carte topografiche dell'IGM; ed è quella che contiene il maggior livello di dettaglio e che implica tempi di produzione più lunghi. Ad oggi esistono tre serie alla scala 1:25.000: la serie 25V, è appartenente alla vecchia produzione i cui dati sono aggiornati mediamente al 1960, fatta eccezione per 840 elementi (su 2298), i cui dati sono stati prodotti durante la campagna di aggiornamento del 1984. La serie 25, attualmente non è più in produzione all'Istituto poichè la serie 25DB la prosegue e la sostituisce. La carta si sarebbe composta di 2298 elementi, di cui ne sono stati terminati 840, denominati sezioni, che hanno le dimensioni di 6' in latitudine e 10' in longitudine. Infine la serie 25DB, prosegue e sostituisce la serie 25 e identifica la cartografia alla scala 1:25.000 ed è attualmente in produzione all'istituto Geografico Militare. La carta si compone di 2298 elementi denominati sezioni, che hanno le dimensioni di 6' in latitudine e 10' in longitudine. Le sezioni sono ottenute mediante stereorestituzione numerica o derivate dalla cartografia tecnica regionale numerica; il taglio geografico di una sezione, è uguale a quello della serie 25, corrispondente a un quarto di foglio della Carta d'Italia alla scala 1:50 000 e delimita un territorio di circa 150 kmq.

Ogni serie cartografica ha un proprio modello di rappresentazione, di seguito verrà approfondito quello riguardante la serie 25DB.

1.1.1 Il DB25

Il DB25, è il nome del modello dati creato dall'IGM per la compilazione della cartografia della serie topografica 25DB. Il modello del DB25 è basato su features, suddivise in oggetti semplici, identificate dall'attributo LAB(Label). La prima lettera del codice della feature evidenzia la tipologia geometrica: L se lineare, C se areale, P se puntuale ed infine T per la tipologia testuale. Ogni

feature del DB25, è identificata da un codice LAB che ne indica la tipologia. Le features in cui gli oggetti sono inquadrati, derivano la loro codifica e definizione, dagli oggetti descritti nello standard DIGEST (Digital Geographic Information Exchange Standard), usato in applicazioni militari in ambito NATO. L'IGM fin dalla nascita dell'Istituto, si occupava della creazione di tutta la cartografia nazionale e la serie 25DB in scala 1:25.000, non era che una delle carte create e gestite.

La situazione della produzione cartografica in Italia è cambiata a seguito dell'approvazione del DPR n.616 del 24 luglio del 1977, con il quale, è avvenuto il trasferimento delle funzioni alle regioni; in materia di ambiente e territorio: in seguito a tale decreto le regioni possono gestire in modo autonomo la creazione di carte regionali.

1.1.2 Carta Tecnica Regionale Numerica

Le carte tecniche regionali sono carte prodotte dalle singole regioni, solitamente alle scale 1:5.000 e 1:10.000 per le zone meno densamente popolate, ed in scala 1:2.000 per i centri urbani. Queste carte vengono definite “tecniche” perchè gli utilizzatori principali sono i tecnici delle amministrazioni.

Inizialmente la CTR era una semplice mappa cartacea; solo successivamente, fu convertita nella sua controparte digitale, la “Carta Tecnica Regionale Numerica” (CTR_N), per permettere di usare dati vettoriali nelle nascenti applicazioni GIS. Nel seguito si farà riferimento in particolare alla CTR prodotta dalla regione Veneto.

La CTR_N, è una cartografia generale e metrica, in formato vettoriale prodotta dalla Regione Veneto. Le intrinseche caratteristiche di precisione, qualità ed aggiornamento permettono di avere a disposizione dei dati esaustivi. Le scale

di rappresentazione in cui è prodotta sono 1:5.000 per la quasi totalità del territorio e 1:10.000 per le zone scarsamente urbanizzate.

I criteri, le operazioni e le norme adottate per l'allestimento delle cartografie sono sostanzialmente quelli contenuti nelle “Norme proposte per la formazione delle carte tecniche alle scale 1:5.000 e 1:10.000” , redatte dalla Commissione Geodetica Italiana edite nel 1973 dall'Istituto Geografico Militare. Tali norme, sono state opportunamente aggiornate ed integrate, per far fronte alle nuove funzionalità garantite dalle tecnologie informatiche.

Le informazioni territoriali acquisite in forma vettoriale sono organizzate in Livelli e Codici: i Livelli costituiscono una primaria classe di aggregazione degli oggetti, questi sono a loro volta divisi in Codici, che identificano particolari caratteristiche degli elementi. La Carta Tecnica Regionale Numerica permette la gestione di 16 livelli principali, 12 livelli di servizio e 6 livelli funzionali .

Viene distribuita in due formati: SHP (Shape File) e DXF (Drawing Exchange File format).

Ogni Sezione alla scala a 1:10.000 è contraddistinta da un nome, corrispondente al toponimo della località più importante o più conosciuta della Sezione, e da un numero di sei cifre: le prime tre indicano il numero del Foglio IGM alla scala 1:50.000 cui appartiene, mentre le seguenti due sono variabili da 01 a 16 ed indicano la posizione nel suddetto foglio; infine l'ultima cifra è sempre zero.

Ogni elemento alla scala 1:5.000 rappresenta la quarta parte della Sezione 1:10.000. La denominazione è come per le sezioni in scala 1:10.000 ,fatta eccezione per l'ultima cifra che ha valori compresi tra 1 e 4.

La CTRN essendo realizzata con tecniche CAD, non contiene informazioni relative alla topologia ed è perciò necessario eseguire una fase di controllo dei dati.

Recentemente, ha preso piede l'idea di realizzare un database geografico nazionale e le CTRN stanno venendo lentamente rimpiazzate dal nuovo concetto di “Data Base Topografico” (DBT). Poiché, non furono fornite delle linee guida nella realizzazione della Carta Tecnica Regionale numerica, il suo sviluppo seguì diverse strade nelle differenti regioni. Tutto ciò, portò ad una situazione frammentata, nella quale i dati spaziali erano incompatibili tra le varie regioni e non potevano essere condivisi facilmente. Per superare questa situazione nel 1996 fu istituito un comitato tecnico, il cui obiettivo era quello di delineare delle specifiche per la creazione ed il mantenimento di un DataBase Topografico regionale a larga scala, definendo un modello dati comune a livello nazionale.

L'adozione di un unico modello per tutti i venti DBT regionali, porta innumerevoli vantaggi tra i quali, la semplificazione della creazione di un unico DBT nazionale.

L'esito di questo progetto, chiamato IntesaGIS, da allora è stato esaminato da altri comitati e la versione finale dovrebbe presto essere convertita in legge, che una volta approvata, obbligherebbe legalmente ogni regione a produrre una cartografia consistente con il modello del DBT.

1.1.3 DBT

È una moderna struttura dati spaziali, costituita da un'insieme di oggetti, ciascuno dei quali è caratterizzato da: un codice identificativo univoco, geometria 3D e attributi alfanumerici. Questo nuovo modello dati, non introduce solo l'apparizione di una nuova codifica per la cartografia numerica e di una serie di regole per la sua strutturazione, ma bensì un nuovo concetto di dato spaziale.

Il modello del DBT nasce nell'ambito del progetto IntesaGis, dove IntesaGis sta per intesa tra Stato, Regioni ed enti locali sui sistemi informativi territoriali. Queste specifiche, definiscono i requisiti di un modello digitale del terreno; prendono poi in esame le diverse tecniche di produzione ed il comportamento degli oggetti dal punto di vista topologico. Gli oggetti del DBT sono raggruppati in gruppi omogenei per tipologia, secondo una struttura gerarchica ripresa da IntesaGIS: strati, temi e classi. Ogni classe è caratterizzata da oggetti aventi medesima geometria (punti, polilinee, aree).

Il territorio rilevato, risulterà completamente rappresentato da oggetti di tipo areale; portando ad una copertura continua del suolo.

Il modello DBT in futuro, sostituirà la cartografia CTRN ,a differenza di questa però, usa una modalità di rappresentazione orientata agli oggetti, cioè ogni elemento rappresentato nella mappa è un'oggetto geografico dotato di attributi. Per rappresentare dei dati spaziali in un sistema informatico è necessario collezionare, per ogni singolo elemento, una serie d'informazioni che si possono raggruppare in due tipologie:

- Geometriche: con riferimento alla rappresentazione cartografica dell'oggetto, come la sua forma, dimensione e posizione geografica;

- Informative: attinenti agli attributi (numerici, testuali o di altro tipo) associati all'oggetto.

Sono altresì importanti, le relazioni topologiche che si possono ricavare e che riguardano le relazioni spaziali fra gli oggetti come la sovrapposizione, l'adiacenza, l'inclusione e altre.

Questa fondamentale differenza fra CTRN e DBT, fa sì che grazie al DBT venga a crearsi la possibilità di usare la derivazione per produrre la nuova serie 25DB. Infatti nel 2010 l'IGM ha istituito un gruppo di lavoro, nel quale erano incluse le rappresentative regionali, per investigare come questo modello, potesse essere usato per derivare il modello dati DB25 dell'IGM, tuttavia questa iniziativa a livello nazionale sta procedendo molto lentamente.

1.2 La generalizzazione cartografica

La generalizzazione cartografica è il processo che permette la creazione di una cartografia a partire da una cartografia esistente a scala più alta, principalmente attraverso algoritmi di semplificazione, raggruppamento e rimozione delle geometrie.



Figura 3: Esempio di una medesima zona a differente scala

Questo processo, porta innumerevoli vantaggi soprattutto di natura economica e temporale, principalmente grazie al fatto che la produzione cartografica si basa sulla riutilizzazione di dati esistenti. La generalizzazione nella sua accezione più generale, è un processo intrinseco alla produzione di ogni cartografia, ed è una attività che è presente sia nella produzione di carte derivate che nella produzione di carte rilevate. Nel primo caso si definisce generalizzazione cartografica (map generalization), mentre nel secondo viene detta compilazione cartografica (map compilation). Pur essendo concettualmente distanti, queste due tipologie devono risolvere le stesse problematiche riguardanti il contenuto della mappa e la sua rappresentazione. Proprio per questo, si può affermare che nella pratica non esista una reale distinzione tra i due processi, l'unica differenza sta nel fatto che nella generalizzazione il modello della realtà è già presente ,mentre nel caso della compilazione bisogna costruirsi una adeguata rappresentazione astratta della realtà.

Comunemente la generalizzazione, che sia originata da mappe derivate o mappe rilevate viene divisa in due fasi: la prima, è la creazione della tassonomia nella quale vengono messi in evidenza e considerati i dati di maggiore interesse, rispetto alla mappa che si sta realizzando. Ad esempio un atlante stradale darà maggior evidenza ai tracciati stradali ed alla loro suddivisione (strada urbana,extraurbana, autostrada, ecc), rispetto agli edifici ed alla loro semplificazione.

Con l'avvento della cartografia digitale, oltre al modello astratto della realtà va affiancata la creazione di un database che contenga i dati, il quale inizialmente viene popolato solo con le informazioni e le classi di maggior rilievo ai fini della mappa e solo successivamente tali dati vengono strutturati ed organizzati.

La seconda fase, concerne invece la rappresentazione grafica dei dati, la difficoltà di tale operazione risiede nella sua arbitrarietà, dovuta alla mancanza di schemi rigidi da rispettare.

La qualità del processo di generalizzazione cartografico influisce pesantemente sulla qualità e sull'utilità stessa del prodotto dell'intero processo di produzione di una mappa, condizionandone anche il tempo di produzione, questi sono i motivi che spingono a ricercare nuovi prodotti che permettano l'automatizzazione della generalizzazione rendendola efficiente ed efficace.

1.2.1 Sviluppo generalizzazione cartografica automatica

Fin dallo sviluppo dei primi elaboratori ,che hanno permesso la transizione dei dati cartografici in digitale, si è aperta la possibilità di una automazione del processo di generalizzazione, obiettivo che alimenta una intensa attività di ricerca in ambito internazionale sin dalla fine degli anni sessanta. Nel corso degli anni, si sono susseguiti tre diversi periodi di ricerca e sviluppo: nel primo periodo, dal 1960 al 1975, gli studi si sono focalizzati sullo sviluppo di algoritmi singoli che potessero risolvere particolari problemi ben specifici, come ad esempio la generalizzazione di una linea o del perimetro di un'area; nel secondo periodo, intorno agli anni '80, quello che era un lavoro di ricerca puntuale e circoscritto a pochi casi è diventato un campo di ricerca a più ampio respiro: i ricercatori hanno fatto una revisione critica di quanto sviluppato fino a quel momento e si sono concentrati su un'analisi ad ampio raggio dell'intero concetto di generalizzazione. Il processo di generalizzazione è stato modellato, suddiviso, schematizzato nelle sue parti costituenti e sono state infine concepite diverse strategie realizzative. Dagli anni '90 in poi tutto il lavoro di ricerca è confluito in nuovi approcci, più globali, al problema che hanno portato ad uno

modellazione basata su vincoli intesi come condizioni, misure e controlli. Rilevante in questo senso è il lavoro svolto da McMaster e Shea (1992) volto ad individuare i fattori da prendere in considerazione dalla procedura di generalizzazione che a loro avviso sono principalmente sei:

- riduzione della complessità: riducendo il numero di oggetti complessivi
- mantenimento dell'accuratezza spaziale: limitando al minimo possibile l'errore nel posizionamento degli oggetti nella mappa rispetto alla realtà
- mantenimento dell'accuratezza degli attributi: minimizzando le alterazioni degli attributi
- mantenimento della qualità estetica
- mantenimento di una logica gerarchica: rispettando l'organizzazione gerarchica degli elementi
- coerente applicazione delle regole di generalizzazione: mirata ad ottenere una generalizzazione uniforme e coerente.

Con il passare degli anni, vengono introdotte nuove tecnologie, la ricerca prosegue sviluppando tecniche e sistemi multi agente. A tal proposito, uno dei progetti più ambiziosi realizzato fino ad ora nel campo di ricerca della generalizzazione automatica è stato il progetto AGENT (anno 2000): dove lo spazio viene suddiviso in regioni a ciascuna delle quali è associato un agente (Automated Generalization New Technology): il suo obiettivo era quello di modellare la natura olistica della generalizzazione utilizzando un approccio MAS (Multi Agent System) la cui chiave di volta consisteva nel suddividere il

compito della generalizzazione in piccole parti, assegnandone un pezzo a ciascun agente.



Figura 4: Funzionamento degli agenti in AGENT

Nel corso della realizzazione del progetto AGENT si sono studiati i vincoli che rendono necessaria la generalizzazione e gli operatori che la rendono possibile. Il processo di generalizzazione è stato quindi affidato agli agenti: piccole unità autonome, organizzate gerarchicamente, cui viene assegnato uno scopo - ovvero soddisfare uno o più vincoli - ed una lista di operatori che consentono ad ogni agente di avvicinarsi più o meno al compimento dei compiti assegnati. Ogni agente compete con gli agenti vicini per massimizzare la propria percentuale di vicinanza agli obiettivi assegnati, creando quindi un sistema che cerca un equilibrio dinamico.

Negli ultimi anni la generalizzazione cartografica ha finalmente raggiunto una utilizzazione pratica, infatti sistemi per la generalizzazione software sono effettivamente in uso in alcune agenzie cartografiche nazionali (come NMAs) per alleviare il carico della creazione di mappe attraverso una parziale

automatizzazione del processo. Sebbene tuttora non esista una soluzione completa, il numero e qualità delle tecniche disponibili è molto alto, ed oltre a migliorare i risultati finora ottenuti l'odierna sfida concerne nell'utilizzare tutto ciò che è stato sviluppato in un'unica soluzione organica completa che gestisca l'intero processo di generalizzazione.

1.2.2 Sviluppo della generalizzazione cartografica automatica in italia

A livello nazionale, l'interesse per un processo di generalizzazione cartografica automatica è testimoniato da alcuni progetti ed iniziative di studio promossi dagli enti cartografici a livello interno o coinvolgendo università o software house. In tal senso sono due i principali progetti italiani che hanno interessato il primo decennio del duemila. Il primo che ha avuto inizio nel 2002 quando 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:

- lo studio di una metodologia per la generalizzazione di dati geografici da una media scala (1:10.000) ad una piccola scala (1:25.000, 1:50.000, 1:100.000 e 1:250.000);
- 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 usando come dati di input del processo alcuni fogli in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale della Regione Sardegna. 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). 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 1:50.000, 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 2001 vennero invece presentati i primi risultati di un altro progetto svoltosi grazie alla collaborazione tra la Regione Veneto e l'Istituto Geografico Militare, il quale prevedeva la formazione di una tavoletta alla scala 1:25.000 (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 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.

In questo contesto si colloca la nascita del progetto CARGEN, nato dalla convenzione tra la Regione Veneto ed il Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università di Padova nel 2006 ed il cui obiettivo è individuare le metodologie informatiche per derivare a partire dalla carte tecnica regionale numerica del DB5k (CTRN), il DB25 dell'IGM.

Capitolo 2

2 Il progetto CARGEN

Nel 2006 infatti la Regione Veneto finanzia un progetto di ricerca, chiamato CARGEN (CARtographic 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.

2.1 Obiettivi

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.

2.2 Strumenti utilizzati

In origine il progetto CARGEN era basato su un'organizzazione di tipo client/server, basata su software commerciali quali come DBMS Oracle Spatial 10g e come strumenti software Dynamo/DynaGen e Geomedia Professional. Successivamente si è deciso di abbandonare questi prodotti ed intraprendere la strada di strumenti sviluppati in-house, tale scelta inizialmente ha comportato

un aumento dei tempi di sviluppo salvo poi risultare estremamente efficiente. Più recentemente si è poi deciso di svincolarsi completamente dall'uso di prodotti commerciali e di adottare quindi strumenti open-source come Eclipse, Postgre ed OpenJump. Le nuove soluzioni offrono vantaggi sia prestazionali che temporali rispetto al passato oltre a facilitare lo sviluppo di nuovi algoritmi e l'accesso ai dati.

2.2.1 Eclipse

Eclipse è un ambiente di sviluppo integrato, multi-linguaggio e multi-piattaforma. Ideato nel 2001 da un consorzio non-profit di grandi società quali Borland, IBM, Red Hat, SUSE, Ericsson, HP, Fujitsu, Intel, MontaVista Software, QNX, SAP e Serena Software, chiamato Eclipse Foundation, viene supportato da una comunità strutturata sullo stile dell'open source. La licenza dunque di Eclipse è la Eclipse Public License, permette cioè di creare prodotti derivati ridistribuibili gratuitamente.

Importante caratteristica deriva dal fatto che, essendo scritto in Java, Eclipse è multipiattaforma. È disponibile infatti per le piattaforme Linux, HP-UX, AIX, Mac OS X e Windows. Dal 2006, la Eclipse Foundation ha prefissato un'uscita annuale del suo software.

2.2.2 JTS Topology Suite

La JTS è una libreria Java open source che fornisce un modello oggetti per geometrie Euclidee planari e lineari, con un'insieme di fondamentale di funzioni geometriche.

Le tre principali geometrie definite in questa libreria sono : Point, LineString e Polygon.

Le principali funzioni geometriche utilizzate nell'ambito di questa tesi sono:

- buffer
- creazione LineString e Polygon
- controlli intersezioni tra geometrie
- albero KdTree

2.2.3 OpenJump

OpenJUMP è un GIS (Geographic Information System) derivato da JUMP sviluppato da Vivid Solutions e dalla Refraction Research, Inc., BC, Canada. Il nome "JUMP" è l'abbreviazione di Unified Mapping Platform, dove J indica la piattaforma Java sulla quale è basato JUMP ed OpenJUMP. "Open" sta per Open Source. OpenJUMP è distribuito sotto licenza GNU ed è sviluppato e mantenuto da una comunità di sviluppatori ed utilizzatori nel mondo. Il progetto Openjump nasce alcuni anni fa con lo scopo di riunificare alcuni progetti originali derivanti dal progetto Jump, di ampliarne le funzionalità, diffondendone e documentandone l'uso. OpenJUMP ha una potente capacità di edizione e di disegno: gli elementi possono essere scalati, ruotati, spostati, etc. OpenJUMP può aprire file vettoriali, raster e database (PostGIS, Oracle, ArcSDE) e lavora utilizzando i layer, livelli che si comportano come dei contenitori. Ogni contenitore ha al suo interno delle feature relative ad uno schema dati (FeatureSchema), che definisce il numero e la tipologia di attributi che deve assumere la feature. In altre parole ogni livello si presenta come una tabella, alla quale si possono inviare delle query spaziali e non, al fine di recuperare tutte o alcune feature al suo interno.

Tale software è caratterizzato da una struttura modulare per plugin la quale è costantemente aggiornata e rinnovata dagli sviluppatori. Ed è proprio questa modularità la sua caratteristica principale che ne giustifica l'uso all'interno del progetto CARGEN. Questo perchè, permette di estendere le sue funzionalità mediante lo sviluppo di plug-in, i quali vengono poi integrati in OpenJump fornendo la possibilità di visualizzare direttamente il risultato della propria applicazione. Lo sviluppo di questi plug-in e il loro successivo test in OpenJump, rende veloce ed efficace la creazione di algoritmi che manipolano geometrie e garantiscono una risposta grafica immediata per le fasi di testing e debug. Il processo di generalizzazione sviluppato dal progetto CARGEN è basato sulla creazione di funzioni ad-hoc ciascuna delle quali svolge una parte del processo e generalizza una determinata tipologia di classi (strade, edifici, etc). In questo modo la generalizzazione di ogni tipologia è indipendente dalle altre permettendo agevolmente di modificare il processo di generalizzazione sviluppato, modificando le funzionalità presenti o aggiungendone.

In particolare in questa tesi si propongono delle modifiche all'attuale processo di generalizzazione riguardante gli edifici.

Capitolo 3

3 Generalizzazione degli edifici

La creazione di un buon processo automatico di generalizzazione cartografica si è rivelata essere un'operazione complessa e di non facile soluzione. Questo perchè quando un cartografo generalizza una mappa, da essa può ottenere una serie di informazioni riguardanti sia l'oggetto stesso che la collettività. Nella cartografia digitale, invece, molte di tali informazioni non sono disponibili come le relazioni di tipo topologico che intercorrono tra gli oggetti presi in esame. Le informazioni sono immagazzinate in un database all'interno del quale ogni oggetto viene descritto da un limitato insieme di dati ed ogni edificio è indipendente dagli altri. Ciò significa che le informazioni relative ad ogni oggetto si limitano ad una lista di coordinate relative ai suoi vertici ed a pochi attributi. Proprio a causa della tipologia dei dati presenti solo le più semplici operazioni sono dirette e di facile computazione come l'area dell'edificio o la sua lunghezza, mentre per tutte le altre è necessario ricorrere ad algoritmi più complessi. La qualità di questi algoritmi è fondamentale per ottenere una buona generalizzazione.

3.1 Problematiche da affrontare

Dalle specifiche fornite dall'IGM e per definizione, la generalizzazione dell'edificato comprende tutta una serie di problematiche da risolvere, in ordine di esecuzione:

1. La selezione dell'edificato atto a identificare gli oggetti interessati alla procedura di generalizzazione. Utilizzato per dividere in zone l'intero insieme degli edifici
2. Lo sfoltimento dell'edificato atto a migliorare la chiarezza e la leggibilità rappresentativa senza comunque sconvolgere le caratteristiche della zona in cui si sta operando. Questa operazione avviene mediante l'eliminazione degli edifici di ridotte dimensioni in quelle aree di alta concentrazione di oggetti (ad esempio all'interno di nuclei abitati) e anche per mezzo di alcune trasformazioni di alcune geometrie poligonali in punti (es. campanili, ecc.)
3. La fusione di elementi omogenei, distinti originariamente per differenze volumetriche, ma posti in relazione geometrica per condivisione di uno o più lati. L'aggregazione e la fusione riguarda anche oggetti che presentino una condivisione parziale dei vertici con disconnessioni reali ma insignificanti, in relazione alla scala di output, delle rimanenti parti limitrofe.
4. La semplificazione delle geometrie intesa come riduzione del numero di coordinate necessarie a determinare la geometria di un edificio. Questa problematica prevede due fasi:
 - Riduzione del numero dei vertici del poligon
 - Eliminazione di alcuni segmenti costituenti il perimetro della geometria.

Le modifiche a forma e dimensioni devono, ovviamente, essere mantenute all'interno di limiti prefissati.

1. Lo squaring degli angoli delle geometrie. Questa è un'operazione molto pericolosa e che consente di approssimare gli angoli tra ogni due segmenti del perimetro. Questo procedimento consente di diminuire il numero di angoli presenti negli edifici della mappa e di avvicinare i restanti il più possibile ad un multiplo dell'angolo retto
2. Il displacement degli edifici utile a eliminare eventuali sovrapposizioni o a evidenziare la distanza (poco visibile) tra gli edifici generalizzati e altre features presenti nella mappa (altri edifici, grafo stradale, grafo ferroviario, ecc.)

3.2 Panoramica sugli algoritmi esistenti

Alcune problematiche nel corso degli anni sono state risolte mediante la costruzione di adeguati algoritmi come la semplificazione, lo squaring ed il displacement. Per quanto riguarda la semplificazione una delle soluzioni più efficienti e robuste è frutto del lavoro di Monika Sester.

3.2.1 Sester

L'algoritmo Sester è basato sulla teoria Least Squares Adjustment (LSA). I principali vincoli che vengono mantenuti durante la semplificazione degli edifici sono tre:

- la conservazione degli angoli retti
- la conservazione del parallelismo
- la conservazione della collinearità

Queste caratteristiche non solo devono essere preservate ma anche rimarcate ed esagerate. L'idea su cui è basato questo algoritmo è di verificare la lunghezza

delle facciate di un edificio, definendo una lunghezza critica al di sotto della quale la facciata non risulta più caratterizzante e quindi passibile di rimpiazzo o eliminazione.

Le azioni di adeguamento vengono svolte consecutivamente e applicate alla geometria originale di volta in volta. L'algoritmo lavora localmente in accordo con alcune semplici regole, dipendenti dalla geometria dei segmenti adiacenti a quello in esame. La decisione di sostituire o eliminare il segmento in esame dipende dalla geometria che esso forma con il suo precedente e successivo:

- Inclusionione/Esclusione: l'angolo tra il segmento precedente e quello successivo è di circa 180° . L'azione prevista in questo caso è che il segmento più breve tra il precedente e il successivo venga sottratto quello più lungo, di fatto eliminandolo assieme a quello in esame.
- Offset: l'angolo tra il segmento precedente e quello successivo è di circa 0° . L'azione intrapresa è simile al caso di 180° , il segmento più lungo tra il precedente e il successivo viene esteso e di conseguenza il più corto rimosso.
- Corner: l'angolo tra il segmento precedente e quello successivo è di circa 90° . Vengono prolungati il segmento precedente e quello successivo fino al punto di intersezione. Anche in questo caso il segmento in esame viene eliminato.

Questi tre casi vengono iterati fino a quando tutti i segmenti del perimetro della geometria non siano di dimensione maggiore alla lunghezza critica. Una volta conclusi i passi della ricorsione, la geometria viene considerata semplificata.

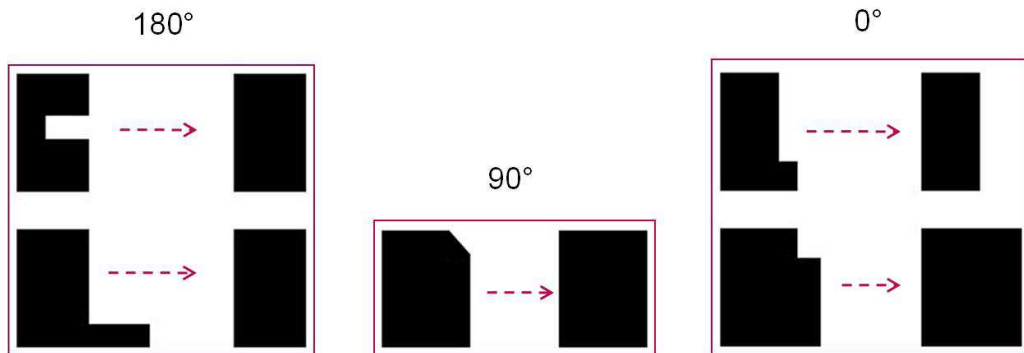


Figura 5: Esempio dei tre casi di Sester

Un altro punto delle specifiche fornite dall'IGM per il quale è stato sviluppato un algoritmo è lo squaring, il problema è stato risolto grazie alla seguente soluzione.

3.2.2 Squaring

Dal punto di vista estetico, all'interno della geometria di un edificio semplificato si possono notare angoli con le più svariate ampiezze. Questo numero, come succede per il numero dei vertici o segmenti, deve essere il più possibile alleggerito per facilitare una maggior chiarezza delle geometrie.

Lo squaring degli angoli delle geometrie ci permette di gestire e risolvere questo problema. Infatti, il verbo inglese to square, in contesto cartografico, può essere tradotto come "squadrare", "raddrizzare". L'obiettivo che si desidera raggiungere con questa idea è, dunque, squadrare il più possibile gli angoli di una geometria, senza comunque modificare troppo o snaturare eccessivamente la forma originale.

Le operazioni che lo squaring esegue sono le seguenti:

- approssimare il più possibile gli angoli a valori retti (o multipli di esso) o comunque a valori multipli di un angolo scelto inizialmente previa una piccola tolleranza.
- diminuire il numero di angoli esistenti negli edifici

Nel processo di squaring la forma riveste un'importanza fondamentale, in quanto non tutte le forme geometriche si prestano per un'operazione di rettifica, per alcune è addirittura sconsigliabile applicarla in quanto snaturerebbe troppo la forma originale della geometria dell'edificio.

Gli edifici che hanno forma circolare non vengono elaborati dal processo di rettifica, al contrario di quelli con forma più o meno rettangolare. In pratica quindi l'algoritmo si compone di due fasi principali:

1. test di applicabilità dello squaring, in cui viene determinata la forma dell'edificio e viene deciso se applicarvi la procedura di rettifica
2. rettifica dei segmenti, con squadratura degli angoli, che vengono ruotati per portarli alle angolazioni cercate.

Il test di applicabilità è una fase molto importante dell'algoritmo in quanto permette di selezionare gli edifici sui quali è conveniente applicare lo squaring scremandoli da quelli che invece hanno una forma geometrica giudicata “troppo complessa”.

L'operazione di rettifica dei segmenti, fase finale dell'algoritmo di squaring, è una procedura iterativa che permette di squadrare gli angoli della geometria dell'edificio, modificando la direzione dei segmenti in maniera tale che essi

formino tra loro un angolo multiplo intero dell'angolo scelto all'inizio dell'algoritmo.

Questa è una fase abbastanza delicata perché un approccio troppo invasivo potrebbe generare problemi come la sovrapposizione tra gli edifici ruotati ed alcune feature presenti nella mappa.

In sostanza l'algoritmo di rettifica dei segmenti è così realizzato, per ogni edificio che supera il test di applicabilità:

1. la geometria viene ruotata secondo la direzione principale estratta nella prima fase di controllo di validità;
2. per ogni segmento della geometria viene calcolato il baricentro, la sua lunghezza e l'angolo di rotazione; quest'ultimo verrà approssimato poi ad un multiplo dell'angolo scelto all'inizio;
3. il segmento viene ruotato attorno al proprio baricentro dell'angolo approssimato calcolato al punto 2;
4. vengono modificati i vertici del segmento per applicare la rettifica.

I vertici degli edifici al termine dell'algoritmo non distano molto da quelli delle geometrie originali, tanto che anche il ridimensionamento delle lunghezze dei lati che si ottiene non è troppo accentuata.

Questo permette di effettuare una modifica delle geometrie non troppo invasiva, e quindi di evitare situazioni indesiderate come la sovrapposizione con altre features della mappa.

3.3 Limiti e ipotesi di miglioramento

Dalle analisi condotte sul risultato di vari test, si è notato che l'attuale processo di generalizzazione non tratta in modo adeguato determinati casi specifici, ai quali si è deciso di ovviare. In particolare il seguente lavoro di tesi è rivolto alla risoluzione delle problematiche del self-merge e della generalizzazione degli edifici isolati per i quali vengono proposte le seguenti soluzioni.

Capitolo 4

4 Soluzioni proposte ai problemi riscontrati

Le due situazioni che si è deciso di trattare attraverso lo sviluppo di appositi algoritmi per una migliore generalizzazione sono il *self-merge* e la generalizzazione degli edifici isolati. Nel primo caso con la parola composta *self-merge* si fa riferimento ad edifici dotati di particolari strutture, che si distinguono perchè caratterizzate da parti di edificio rasenti allo stesso, le quali, andrebbero congiunte; oppure dotati di piccole rientranze composte da più vertici e lati in cui Sester non interviene e che sarebbe meglio eliminare rendendo l'edificio più "regolare". Con *exaggeration* degli edifici isolati, invece, si intende la messa in evidenza nella mappa di determinati fabbricati in zone a bassa densità edilizia che devono essere mantenuti nella mappa anche alle scale più piccole. Verrà ora esemplificata la soluzione proposta relativa ai due casi sopracitati.

4.1 Soluzione proposta relativamente al *self-merge*

Questo problema può, come detto in precedenza sembrare di immediata e facile soluzione, tuttavia, come si vedrà, non è così. Ciò, è dovuto al fatto che ad occhio nudo risulta agevole capire quali vertici connettere per ottenere un ottimale *self-merge* dell'edificio, al contrario un algoritmo di generalizzazione essendo basato su un database ha molte meno informazioni disponibili rispetto alla vista di una mappa, rendendo la soluzione più complessa.

L'analisi ha permesso l'individuazione di due sottocasi base, nel primo la giunzione è formata da una sola coppia di nodi ed è quindi volta alla chiusura di piccole rientranze all'interno della struttura, mentre nel secondo le coppie da congiungere sono due relazionate tra loro che portano alla creazione di una geometria di connessione, aggiunta poi alla struttura, che permette di congiungere due “lembi” di edificio per mezzo dei propri vertici.

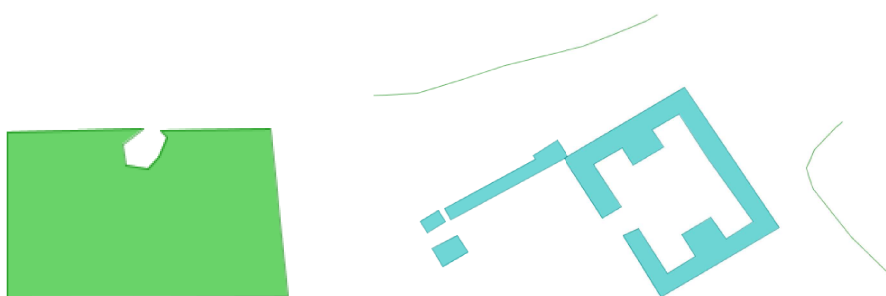


Figura 6: Esempificazione delle due casistiche nelle quali interviene l'algoritmo: primo e secondo caso base.

Tali casistiche non precludono l'una all'altra, ed anzi il secondo caso non è altro che una situazione particolare del primo, nel quale le due connessioni tra i vertici hanno una relazione topologica. La trattazione di tali situazioni è quindi simile, ed ambedue sono basate sulla manipolazione dei vertici dell'edificio portando ad un algoritmo che è così articolato:

1. per ogni nodo vengono individuati i nodi considerati “vicini”
2. identificazione connessioni coppie nodi candidate
3. verifica se sono presenti connessioni che portano al secondo caso base
4. modifica vertici e restituzione nuova geometria

Fase uno:

Per la realizzazione del primo punto si è optato per l'uso di una struttura dati ad albero, quale il KdTree. Il Kd-tree è una struttura dati spazio partizionante per organizzare punti all'interno di uno spazio a k-dimensioni. È un caso particolare di albero binario ed è ottimale per diverse applicazioni, come ricerche riguardanti una chiave di ricerca multidimensionale.

Nel nostro caso l'uso di questa struttura, presente nella libreria JTS, è stata utilizzata con i vertici dell'edificio ed ha permesso di poter identificare i nodi all'interno di un determinato perimetro dal nodo desiderato in modo efficiente. Tale operazione è stata iterata per ogni nodo dell'edificio portando ad avere una lista associata ad ogni nodo contenente i vertici a lui vicini. A questo punto vengono svolti alcuni controlli per scremare la lista dei vertici candidati eliminando quelli che se connessi al nodo dato intersecherebbero l'edificio.

Fase due:

In questa fase si analizza la lista dei nodi candidati, andando a formare l'oggetto Coppia<Coordinate,Coordinate> per ogni accoppiamento tra il nodo dato e la lista dei nodi candidati, identificando tra le varie coppie quella considerata ottimale. Per far questo sono stati imposti una serie di vincoli quali il privilegiare la coppia la cui linea di connessione risulta più corta, in particolare per la scelta della coppia candidata è stata sfruttata la classe Coppia per la quale sono stati sviluppati dei metodi ad-hoc che hanno facilitato la scelta.

Fase tre:

Una volta che si ha per ogni nodo l'oggetto Coppia contenente se stesso ed il nodo considerato ottimale per la connessione si può procedere alla eliminazione

delle connessioni che non rispettano i vincoli imposti. Le giunzioni rimanenti vengono poi elaborate per capire se sono presenti situazioni riconducibili al secondo sottocaso. Per far questo tuttavia, si è costretti a generare tutte le possibili geometrie tra le varie coppie giudicate come connessioni da eseguire. Se queste geometrie rispettano le verifiche eseguite sono considerate idonee e la geometria costituita dall'“aggiunta” alla struttura originale viene memorizzata e le coppie di vertici che la riguardano non vengono più considerate, altrimenti vengono scartate procedendo al passo 4.

Fase quattro:

L'ultima fase consiste nel completare la costruzione della nuova geometria sistemando il caso base uno. Per far ciò tuttavia, è indispensabile identificare se il primo nodo è situato lungo il perimetro oppure se è nella “pancia” della cavità nell'edificio. L'esecuzione di questo test, consiste nel provare a generare la geometria tra i nodi dell'oggetto Coppia, verificando se il suo centroide appartiene o meno all'edificio originario. Se ciò non avviene i nodi compresi tra i due vertici vengono sovrascritti mantenendo solo i due estremi e rendendo quindi la figura più regolare, altrimenti i vertici da sovrascrivere sono quelli complementari a quelli compresi tra i vertici della Coppia.

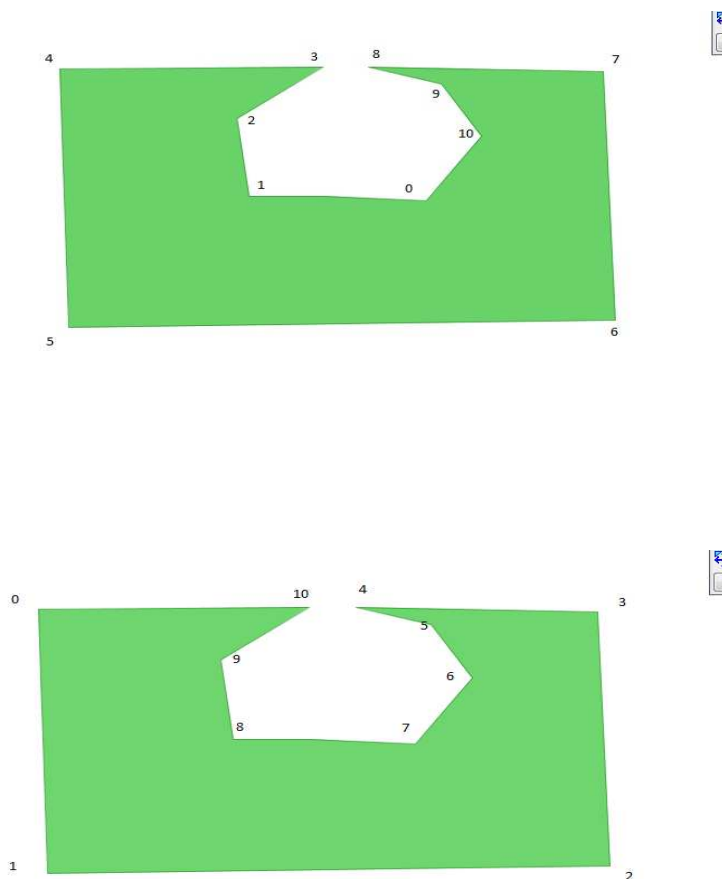


Figura 7: Esempificazione del problema relativo alla posizione del primo vertice

Nel primo caso si sovrascrivono i nodi tra 4 e 10 mentre nel secondo vengono sovrascritti quelli non compresi tra 3 e 8.

A questo punto, se l'area del nuovo edificio non supera una certa percentuale rispetto all'area iniziale la nuova geometria è considerata valida e viene restituita. L'ultimo passo è quello di aggiungere alla figura le eventuali

geometrie del secondo caso base. Queste vengono aggiunte solo ora per non modificare il numero e le posizioni dei vertici sui quali è organizzato l'algoritmo.



Figura 8: Risultati finali ottenuti dall'algoritmo

4.2 Soluzione presentata relativamente al problema dell'exaggeration degli edifici isolati

L'algoritmo sviluppato va a colmare il problema dell'exaggeration degli edifici isolati, ossia tali costruzioni appartenenti a zone scarsamente popolate ma che hanno una loro valenza topologica e che altrimenti verrebbero eliminate o non poste in evidenza. Se in un'area di montagna nel raggio di determinati kmq è presente una sola costruzione e la strada per accedervi termina in essa, allora tale edificio ha una sua importanza all'interno dell'area presa in esame e non può essere eliminato.

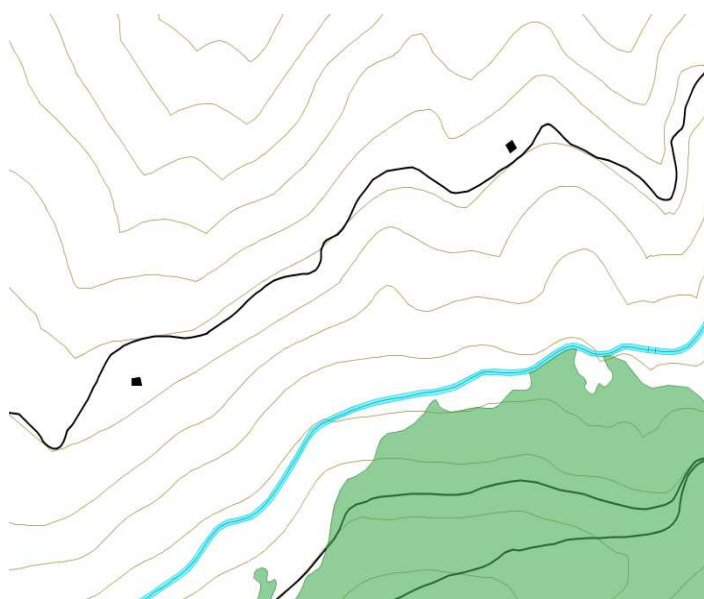


Figura 9: Esempio di edificio isolato in zona scarsamente popolata

La soluzione proposta propone invece di mettere in evidenza tali edifici, individuandoli ed ingrandendoli. La loro individuazione tuttavia comporta

l'analisi di tutti i fabbricati presenti all'interno della mappa poiché dalle informazioni presenti nel database non si può capire la relazione topologica presente tra i vari oggetti.

La ricerca di tali fabbricati è stata svolta eseguendo un *envelope* su ogni edificio ,grazie all'utilizzo della struttura dati Kd-tree è stato poi possibile verificare se all'interno di questo perimetro fossero presenti altri edifici o meno.

In caso contrario l'edificio viene considerato come isolato e si passa alla seconda fase. Questa consiste una volta individuato un edificio isolato nel metterlo in evidenza, ciò viene eseguito mediante l'ingrandimento dello stesso. Tale ingrandimento si realizza sfruttando il centroide ed i vertici del fabbricato. In particolare una volta ottenuto il centroide dell'edificio non si fa altro che trovare la distanza dei vertici da esso e moltiplicarla per un fattore di scala rendendo così l'edificio ingrandito mantenendo però le proporzioni originali.



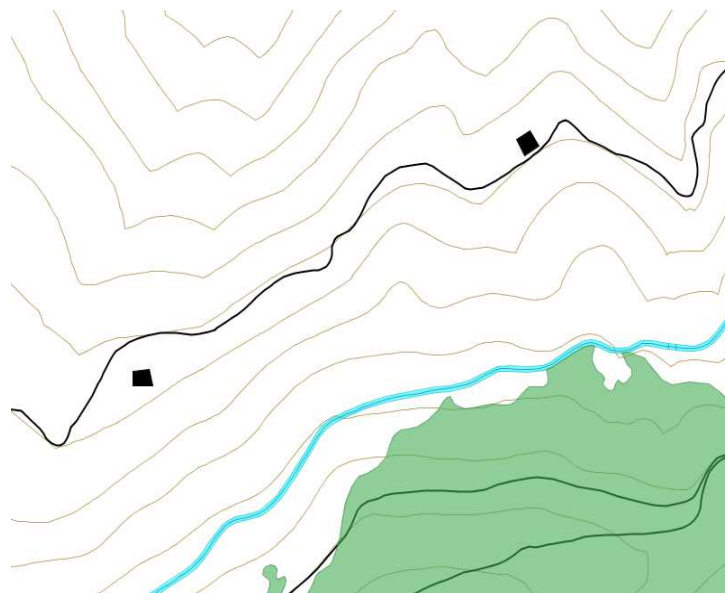


Figura 10: Esempio risultati ottenuti dall' algoritmo exaggeration

I due algoritmi implementati sono stati testati in vari dataset dove sono risultati validi. Successivamente si è quindi deciso di integrare tali soluzioni all'interno dell'attuale processo di generalizzazione dell'edificato per verificarne l'efficacia nel sistema complessivo.

Per questo motivo è stato prodotto un plug-in di test nel quale le nuove modifiche vengono utilizzate congiuntamente alla fusione degli edifici adiacenti, Sester, squaring. Inoltre tale test è stato munito di una serie di controlli come la non sovrapposizione di un edificato modificato ad una strada, e possiede speciali accorgimenti per determinate tipologie di oggetti come le chiese, le quali vengono gestite in modo differente. Il nuovo processo è stato a questo punto testato sia sul dataset delle Dolomiti bellunesi che nell'area di Chioggia, entrambe alla scala 1:5.000. Sono qui riportati due esempi di

funzionamento del processo costituito dall'insieme degli algoritmi per la generalizzazione degli edifici finora sviluppati dal progetto cagen.



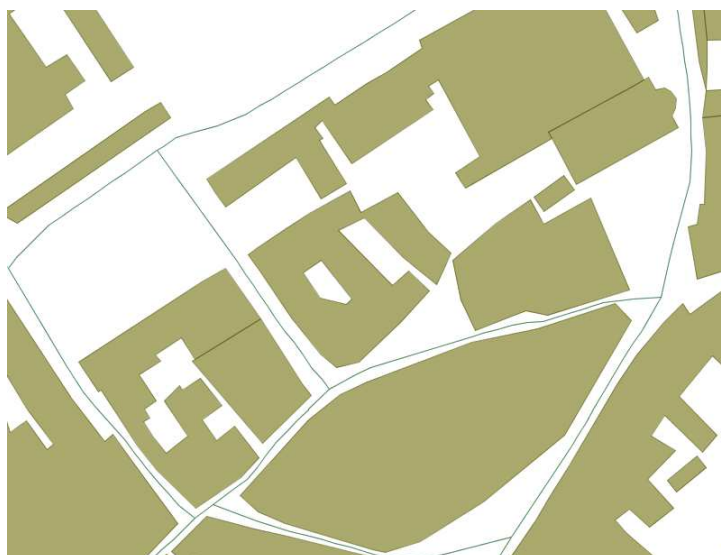
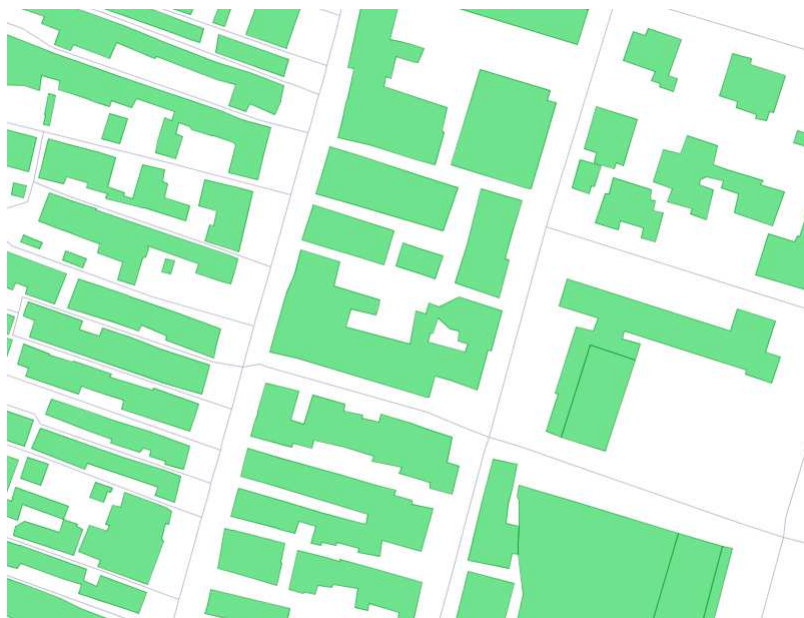


Figura 11: Primo esempio di processo nella zona di Belluno

Soluzioni proposte ai problemi riscontrati



Soluzioni proposte ai problemi riscontrati



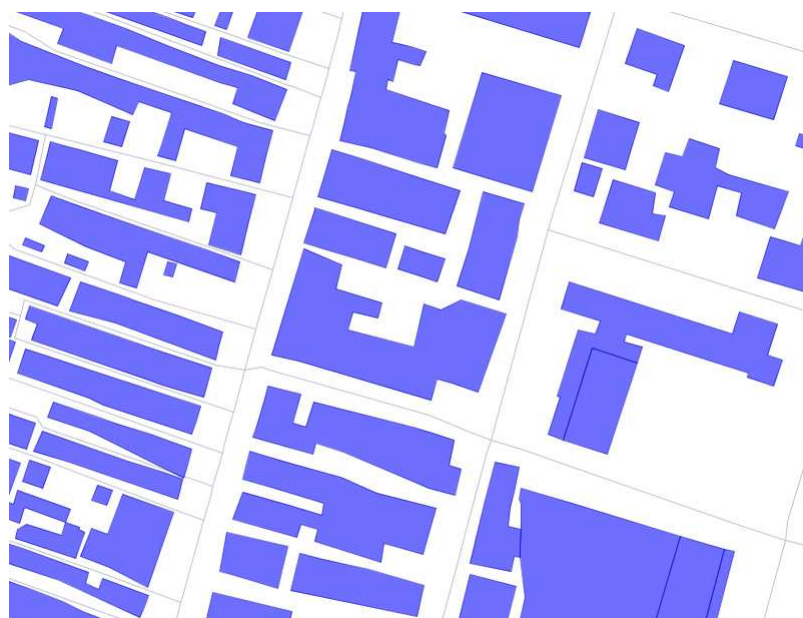


Figura 12: Secondo esempio nella zona di Chioggia

4.3 Conclusioni

Il lavoro svolto in questa tesi va ad arricchire l'attuale processo di generalizzazione risolvendo la gestione di due problematiche che precedentemente presentavano delle lacune. Il processo completo di generalizzazione tuttavia presenta ancora delle situazioni particolari nelle quali è sicuramente migliorabile. Nello specifico delle soluzioni sviluppate si sono riscontrati dei problemi in determinati casi particolari riguardanti il self-merge. Tali problemi derivano dal fatto che sono presenti edifici caratterizzati da più vertici in lati dell'edificio che appaiono come quasi retti. Tale lacuna però oltre

ad essere rara può essere corretta dalla semplificazione dell'edificio che porta l'oggetto a ridurre il numero di vertici superflui eliminandone la gran parte.

La soluzione, a questo punto si va bene ad integrare con Sester, squaring e con gli altri algoritmi per la generalizzazione dell'edificato portando a buoni risultati.



Figura 13: Mappa in scala 1:25.000 derivata ottenuta attualmente dal progetto CARGEN

Per quanto riguarda possibili sviluppi futuri l'aspetto principale su cui operare è quello relativo al miglioramento delle prestazioni.

