UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Informatica

# Estensione dell'algoritmo di generalizzazione degli edifici del progetto Cargen

Relatore:
Ch.mo Prof. Massimo Rumor

Laureanda:
Maira Sartori

Correlatore:
Ing. Sandro Savino

**Anno Accademico 2012 / 2013**

*Ai miei genitori*

# *SOMMARIO*

La generalizzazione cartografica consente di rappresentare i dati geografici di una mappa in accordo con la scala di rappresentazione scelta, mantenendo chiara e leggibile l'informazione in essa contenuta.

Attualmente esistono diversi progetti di ricerca che si occupano dello studio della generalizzazione automatica, in quanto essa permette una riduzione dei costi e dei tempi necessari per la produzione di una carta geografica rispetto al processo di generalizzazione manuale. In questo contesto si va a collocare anche il progetto Cargen, che vede coinvolti in una collaborazione l'Università di Padova, la Regione Veneto e l'Istituto Geografico Militare (IGM). Il progetto Cargen studia la derivazione di database geografici in scala 1:25000 e 1:50000, mediante l'attuazione di un processo di generalizzazione automatica a partire dai dati cartografici in scala 1:5000 fornite dalla Regione Veneto.

Il presente lavoro di tesi si inserisce nell'ambito del progetto Cargen, con lo scopo di estendere l'attuale processo di generalizzazione dell'edificato alla scala 1:50000. Il processo sviluppato, a partire dal partizionamento dei dati di ingresso in aree edificate a densità medio alta e aree a densità medio bassa, introduce una più estesa classificazione dell’edificato cui applica tecniche di generalizzazione degli edifici migliorate ed un nuovo e più articolato sistema di gestione dei conflitti.

# *INDICE*

***Introduzione*** ..... 1

***1 Cartografia*** ..... 3

1.1 Generalizzazione cartografica ..... 3

1.2 Progetto CARGEN ..... 5

1.3 Generalizzazione degli edifici ..... 7

1.3.1 Operazioni di generalizzazione ..... 8

1.3.2 Vincoli per la generalizzazione degli edifici ..... 9

1.4 Strumenti di lavoro ..... 10

***2 Attuale processo di generalizzazione dell'edificato*** ..... 12

2.1 Descrizione della fase di partizionamento ..... 14

2.1.1 Problemi legati alla fase di partizionamento ..... 16

2.2 Descrizione del processo di generalizzazione del conteso rurale ..... 17

2.2.1 Fase 1:Individuazione e classificazione dei sottogruppi ..... 19

2.2.2 Problemi legati all'individuazione e classificazione dei sottogruppi ..... 19

2.2.3 Fase 2:Individuazione dei pattern ..... 20

2.2.4 Problemi legati all'individuazione dei pattern ..... 21

2.2.5 Fase 3: Gestione dei conflitti ..... 22

2.2.6 Problemi legati alla gestione dei conflitti ..... 24

***3 Estensione dell'algoritmo di generalizzazione dell'edificato*** ..... 26

3.1 Fase di partizionamento ..... 28

3.2 Fase di generalizzazione del contesto a bassa densità ..... 31

***4 Algoritmo per edifici che seguono un pattern lineare o a griglia*** ..... 33

4.1 Identificazione dei gruppi omogenei ..... 33

4.2 Identificazione della direzione del pattern ..... 34

4.3 Individuazione del modello per la tipizzazione ..... 35

***5 Algoritmo per edifici disposti lungo le strade*** ..... 37

5.1 Fase 1: Costruzione della fascia ..... 37

5.2 Fase 2: Costruzione della linea della maglia ..... 39

5.3 Fase 3 : Classificazione degli edifici ..... 41

5.4 Fase 4: Calcolo delle proiezioni e generazione degli stampini ..... 42

5.5 Fase 5: Individuazione della linea base ..... 45

5.6 Fase 6: Miglioramento della linea base ..... 47
5.6.1 Linee chiuse ..... 48
5.6.2 Linee senza angoli alfa ..... 49
5.6.3 Linee con angoli alfa ..... 50
5.7 Fase 7 : Costruzione dei nastri ..... 55
***6 Algoritmo per edifici che non seguono pattern*** ..... 58
6.1 Miglioramento di edifici che seguono un pattern ..... 58
***7 Gestione dei conflitti*** ..... 61
7.1 Conflitti tra griglie ..... 63
7.2 Conflitti nastro - griglie ..... 63
7.3 Conflitti nastro - nastro ..... 65
7.4 Conflitti edifici extralarge ..... 66
7.5 Conflitti edifici piccoli ed edifici grandi ..... 67
7.5.1 Fase 1: Riduzione dei conflitti tra edifici piccoli ..... 68
7.5.2 Fase 2: Eliminazione dei conflitti tra edifici piccoli-grandi ..... 70
***8 Conclusioni e sviluppi futuri*** ..... 72
***9 Bibliografia*** ..... 74
***10 Indice delle figure*** ..... 75

# *INTRODUZIONE*

La cartografia nasce con l'intento di descrivere la Terra: tale descrizione viene fornita attraverso l'uso di carte geografiche. Attualmente le carte geografiche vengono utilizzate per svariati scopi, ma la loro funzione resta sempre quella di rappresentare i dati ambientali e geografici di una regione terrestre. A seconda dell'obiettivo per cui viene redatta una carta, può essere necessario applicare una riduzione della sua scala estendendo il campo di visione della regione e aumentando la quantità di dati che si sta osservando.

La riduzione della scala con cui una mappa è rappresentata, avviene attraverso il processo di generalizzazione in quanto i dati in essa contenuti non possono essere rappresentati tutti. La riduzione della scala infatti comporta una diminuzione dello spazio a disposizione nel quale rappresentare i dati, riducendo così anche la leggibilità e la comprensione delle informazioni in essa contenute. Applicando il processo di generalizzazione cartografica si cerca invece di mantenere chiare le informazioni espresse dalla mappa stessa.

Attualmente le carte geografiche vengono generalizzate manualmente da esperti cartografi, che basandosi su mappe di scale superiori, le riproducono in scale inferiori e quindi rappresentando una maggiore quantità di dati. Oggi, grazie all'innovazione tecnologica, sono stati avviati molto progetti di ricerca per studiare il processo di generalizzazione automatica, in cui tutti i dati vengono rappresentati in formato binario, riducendo così anche i tempi e i costi di produzione.

Nell'ambito della generalizzazione automatica si sviluppa il progetto Cargen, un progetto di ricerca del Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione dell'Università degli Studi di Padova, che ha l'obiettivo di derivare dati geografici in scala 1:25000 e 1:50000 a partire da quelli in scala 1:5000 e 1:2000.

Questo lavoro di tesi si inserisce all'interno del progetto Cargen con lo scopo di migliorare ed estendere il processo attualmente utilizzato per la generalizzazione dell'edificato.

La tesi si compone di sette capitoli: nel primo capitolo viene fornita un'introduzione relativamente al concetto di generalizzazione cartografica e viene introdotto il progetto Cargen. Nel secondo capitolo si passa all'esame dell'attuale processo di generalizzazione dell'edificato, il quale rappresenta il punto di partenza di questo lavoro di tesi, e ne vengono individuati i problemi da risolvere.

Nel terzo capitolo viene trattata la risoluzione dei problemi riguardanti il partizionamento della mappa e la generalizzazione delle aree a bassa densità. A tale proposito, il quarto capitolo, illustra in dettaglio l'algoritmo usato per la ricerca e la generalizzazione dei pattern lineari e a griglia, mentre il quinto capitolo tratta le tecniche adottate per elaborare gli edifici allineati lungo le strade.

Il sesto capitolo si occupa della generalizzazione degli edifici che non seguono un pattern e il settimo capitolo tratta la gestione dei conflitti che possono nascere tra gli edifici prodotti dai vari algoritmi.

# 1 CARTOGRAFIA

## 1.1 GENERALIZZAZIONE CARTOGRAFICA

La generalizzazione cartografica è quel processo che consente di realizzare carte geografiche a partire da carte di scala maggiore. La generalizzazione consente di astrarre la realtà, estraendo gli aspetti della mappa che sono importanti e coerenti con lo scopo per cui essa deve essere utilizzata.

L'operazione di generalizzazione si rende necessaria nel momento in cui una mappa è soggetta alla riduzione di scala.

Nel caso ad esempio degli edifici, se la carta viene ridotta di scala, non è possibile rappresentare ognuno di essi, ma questi devono essere raggruppati, fusi tra loro oppure eliminati. Tali operazioni si rendono necessarie in quanto lo spazio che si ha a disposizione viene ridotto con la diminuzione della scala e quindi rappresentare gli stessi dati in spazi ridotti causerebbe illeggibilità della mappa con conseguente perdita della sua utilità.

Nel processo di generalizzazione occorre garantire quindi:

- l'accuratezza spaziale: gli oggetti della mappa nella scala ridotta non possono essere spostati in posizioni troppo differenti rispetto alla posizione che essi ricoprono all'interno della mappa di partenza;
- la riduzione della complessità: gli oggetti della mappa di partenza devono essere ridotti in quantità in quanto nella nuova mappa non vi è lo spazio sufficiente per tutti. In tale riduzione si deve però tenere conto dell'importanza dell'oggetto e quindi vengono eliminati solo gli elementi che non caratterizzano in modo significativo il territorio;
- il rispetto delle specifiche: ogni mappa generalizzata deve rispettare una serie di regole relativamente a dimensione e distanze minime che gli oggetti devono mantenere.

**Figura 1.1: Rappresentazione della stessa mappa a più livelli di scala. Riducendo la scala si vede che la zona rappresentata è più ampia e ha quindi meno dettaglio.**

Nel processo di generalizzazione vengono distinti gli elementi fondamentali da quelli superflui. Tale distinzione non segue regole ben precise, in quanto i criteri adottati variano a seconda dello scopo per cui la mappa viene prodotta. In una carta fisica la presenza di edifici e strade non è molto rilevante, diventa invece fondamentale l'indicazione di tali elementi all'interno di un atlante stradale. Con la generalizzazione inoltre si deve stabilire come rappresentare i dati. Anche qui non ci sono regole da seguire, in quanto la rappresentazione dipende dalla sensibilità del cartografo.

Da ciò si capisce quanto importate sia il processo di generalizzazione che influisce sulla qualità della mappa finale. Tanto più tale processo è preciso, tanto più gli elementi rappresentati nella mappa sono accurati e ricchi di informazione. Questo spiega lo scopo dei numerosi progetti di ricerca che migliorano la generalizzazione con l'adozione di nuovi algoritmi che trattano casi particolari.

## 1.2 PROGETTO CARGEN

Attualmente gli enti e che ufficialmente si occupano della produzione delle mappe geografiche in Italia sono l'IGM (Istituto Geografico Militare) e le Regioni. La creazione di carte geografiche è stata demandata alle Regioni con l'emanazione della Legge n° 68/1960, e per tale motivo sono state definite le carte tecniche regionali (CTR). Tali carte hanno la caratteristica di essere ricche di particolari e vengono frequentemente aggiornate al fine di essere utili ai tecnici delle amministrazioni.

Recentemente le Regioni hanno deciso produrre carte digitalizzate dette carte tecniche regionali numeriche (CTRN). Questo avvenimento ha introdotto un nuovo scenario nella cartografia italiana, aprendo le porte alla generalizzazione automatica che vanta una riduzione dei tempi e dei costi di produzione delle carte.

A tale proposito nel 2006 nasce il progetto CARGEN, CARtographic GENeralization, che vede coinvolti in una collaborazione il Dipartimento di Ingegneria Informatica dell'Università di Padova, la Regione Veneto e l'Istituto Geografico Militare. Il progetto ha l'obiettivo di produrre delle mappe geografiche a scala ridotta, aderenti ai modelli DB25 e DB50 dell'IGM. Tali database vengono prodotti partendo dal GeoDBR ottenuto dalla cartografia tecnica regionale alla scala 1: 5000.

Di seguito vengono illustrati brevemente i modelli dati utilizzati dal progetto CARGEN.

- La carta tecnica regionale (CTR) e di conseguenza anche il suo formato digitale (CTRN), è prodotta dalla Regione Veneto in formato vettoriale con dati ottenuti principalmente attraverso rilievo fotogrammetrico. Per la quasi totalità del territorio la scala di rappresentazione adottata per le CTR è

1:5000, tranne i rari casi comprendenti zone scarsamente abitate, in cui i dati sono rappresentati in scala 1:10000.

- Il GeoDBR è un modello dati sviluppato dalla Regione Veneto in base alle specifiche definite nel progetto IntesaGis, dove IntesaGIS sta per Intesa Stato-Regioni-Enti Locali sui Sistemi Informativi Territoriali. Lo scopo del GeoDBR è quello di rendere semplice la derivazione dei dati dalla CTR al DB25 oppure dalla CTR al DB50.
- Il DB25 è il modello dati usato dall'IGM per rappresentare la cartografia in scala 1:25000. Tale DB25 utilizza un modello a features per rappresentare il mondo reale.
- Il DB50 è un modello interamente sviluppato all'interno del progetto Cargen per rappresentare la cartografia in scala 1:50000.

Nei primi anni il progetto CARGEN si è dedicato alla derivazione del DB25. Tale derivazione consiste principalmente nella prima fase di costruzione del GeoDBR, popolato con i dati della CTRN in scala 1:5000 e nella creazione del prototipo del DB25. Attuando tale derivazione vengono individuati due gruppi di elementi: il primo è costituito da tutti gli oggetti la cui generalizzazione consiste solo nella loro selezione; il secondo invece è formato da tutti gli elementi che richiedono una generalizzazione più complessa, come la viabilità e l'edificato, che necessitano di specifici algoritmi per essere trattati.

I risultati ottenuti con la costruzione del prototipo del DB25 sono stati presentati nel 2009 mediante un convegno all'Università di Padova. Visti i risultati ottenuti, il progetto CARGEN è stato ampliato introducendo il nuovo obiettivo di produrre un prototipo anche per il DB50.

In questa seconda fase, il DB50 è stato interamente progettato, visto che l'IGM non definisce tale modello e si è reso necessario poi lo sviluppo di algoritmi per la generalizzazione di elementi complessi da trattare come la viabilità e l'edificato.

A tale proposito sono stati sviluppati alcuni algoritmi (per la viabilità si veda (Nicastro E., 2011) e per l'edificato si veda (Baldin R., 2010)). Il seguente lavoro di

tesi ha lo scopo di migliorare l'algoritmo relativo alla generalizzazione dell'edificato, attualmente utilizzato.

## 1.3 GENERALIZZAZIONE DEGLI EDIFICI

Gli edifici, assieme alla rete stradale, sono uno degli elementi più importanti all'interno di una mappa in quanto la loro presenza o assenza dà informazioni importanti. Essendo quindi fondamentali nella cartografia essi devono essere trattati con particolare attenzione anche nel processo di generalizzazione automatica.

Molti algoritmi trattano la generalizzazione degli edifici che varia a seconda della scala alla quale vengono generalizzati. Su grandi scale gli edifici vengono rappresentati singolarmente, anche se semplificati, mentre su scale piccole questi vengono spesso suddivisi in gruppi ed elaborati opportunamente attraverso la loro eliminazione o fusione. Gli edifici in sostanza possono subire interventi di vario genere, l'importante è che venga mantenuta la loro distribuzione originale nel territorio.

Fondamentale è il ruolo che le strade giocano nella generalizzazione dell'edificato, in quanto:

- esse possono essere utilizzate per separare gli edifici in gruppi (AGENT, 2003);
- gli edifici dovrebbero essere sempre orientati lungo le strade al fine di mantenere l'orientamento di origine.

In sostanza una buona generalizzazione dell'edificato dovrebbe tenere conto:

- della distribuzione degli edifici;
- della tipologia degli edifici stessi;
- della forma e grandezza degli edifici

mantenendo la leggibilità e la visibilità di ognuno di essi.

Sulla base di tutti questi elementi è possibile trovare una serie di casi sui quali attuare una strategia di generalizzazione diversa. In pratica occorre sviluppare degli algoritmi che siano in grado di comportarsi esattamente come un cartografo che

manualmente riproduce l'edificio generalizzato. Un tempo infatti, quanto le mappe venivano disegnate a mano, anche il cartografo seguiva regole dettate soprattutto dal buon senso e dall'esperienza in quanto in generalizzazione non esistono regole scritte da seguire. La difficoltà più grande in generalizzazione automatica è quella di riuscire a far individuare al software i vari casi, in quanto, mentre il cartografo dispone dell'intera visione della mappa, l'elaboratore dispone invece di una serie di geometrie delle quali conosce solo le coordinate. Bisogna quindi trovare della strategie che diano al software maggiori informazioni, in merito alla disposizione degli edifici di partenza.

In sostanza per produrre un buon algoritmo occorre riuscire a classificare il maggior numero di casi possibili rendendoli individuabili all'elaboratore.

### 1.3.1 OPERAZIONI DI GENERALIZZAZIONE

Nel corso degli anni, la ricerca sul processo di generalizzazione ha consentito lo sviluppo di diverse operazioni che vengono realizzate per mezzo dell'implementazione di algoritmi. Tali operazioni hanno l'obbiettivo di sostituire il lavoro manuale del cartografo nel processo di generalizzazione automatica. Esse possono essere suddivise in categorie a seconda che siano applicate a gruppi di geometrie o al singolo elemento.

Le operazioni legate all'elaborazione dei gruppi di edifici sono categorizzate come operazioni di aggregazione. Esse vengono suddivise in due gruppi a seconda del numero di geometrie che producono in output, in quanto il risultato può essere composto da un solo elemento o da un gruppo di elementi. Tali operazioni sono:

- l'amalgamazione: fonde assieme due elementi della stessa natura creando un'unica geometria bidimensionale ( la fusione avviene sulle aree);
- il combine: fonde assieme due o più elementi, creando una geometria unidimensionale ( la fusione avviene tra punti);
- la tipizzazione: riduce il numero di geometrie di partenza, creando un nuovo gruppo di elementi che rappresenti nel migliore dei modi la disposizione iniziale degli oggetti;

Tra le operazioni legate all'elaborazione della singola geometria vi sono:

- la semplificazione: la geometria viene semplificata andando ad eliminare gli elementi che sono privi di significato;
- il collapse: riduce la geometria, in quanto se essa è un poligono questa viene ridotta in linee o punti;
- l'enhacement: consente di migliorare la geometria andandola ad allargare interamente (enlargement), oppure aumenta solo le parti troppo strette della geometria (exaggeration), oppure ne addolcisce i contorni (smoothing) o li squadra (squaring).

Tra le operazioni che trattano sia l'elaborazione di una singola geometria sia l'elaborazione di un gruppo di geometrie vi sono:

- la selezione: seleziona solo gli elementi più significativi;
- l'eliminazione: elimina gli elementi privi di significato dalla mappa;
- il displacement: consente lo spostamento della geometria dalla sua posizione originaria senza modificare la geometria.

### 1.3.2 VINCOLI PER LA GENERALIZZAZIONE DEGLI EDIFICI

Per riuscire a generalizzare automaticamente l'edificato di una mappa, occorre seguire una serie di regole. A tale proposito l'IGM fornisce una serie di specifiche (IGM, 2004) da rispettare per produrre le mappe generalizzate in scala 1:50000.

Tra questi si hanno vincoli relativi alla leggibilità della mappa i quali richiedono che:

- ogni edificio generalizzato abbia un'area superiore a 400 mq;
- ogni edificio deve avere una forma squadrata, possibilmente con angoli ortogonali;
- gli edifici devono essere posizionati ad una distanza minima di 11 m l'uno dall'altro;
- gli edifici con area inferiore ai 50 mq non devono essere rappresentati.

## 1.4 STRUMENTI DI LAVORO

Per svolgere il seguente lavoro di tesi sono stati utilizzati principalmente tre strumenti di seguito descritti.

**ECLIPSE**

Eclipse è un ambiente di sviluppo integrato multi-linguaggio e multipiattaforma, ideato da un consorzio di grandi società e chiamato Eclipse Foundation sullo stile dell'open source.

Eclipse viene utilizzato per produzione di software di vario genere, esso può essere usato infatti come un completo IDE per il linguaggio Java oppure come un ambiente di sviluppo per il linguaggio C++, inoltre dispone di vari plug-in che consentono la gestione anche di XML, Javascript, PHP . Eclipse, è scritto in Java ed esso si basa principalmente sull'utilizzato di plugin sviluppati per scopi specifici, i quali possono essere modificati da chiunque.

Il suo successo è principalmente dovuto al fatto che, essendo scritto in Java, è disponibile per Linux, Mac OS X, Windows, HP-UX, AIX.

**OPENJUMP**

OpenJUMP è un Desktop GIS open source, scritto in Java, che consente la visualizzazione, l'interrogazione e la modifica di dati spaziali. Tra le caratteristiche più importanti di OpenJUMP, si evidenzia la possibilità di estendere le sue funzionalità base per mezzo di plugin che consentono al programmatore di visualizzare i dati che sta elaborando al fine di effettuare test oppure ricercare errori.

Il programmatore avendo la possibilità di creare dei propri plugin, che integrano OpenJUMP, può eseguirli sui dati di input, rendendo visibile immediatamente il risultato finale, e può esaminare i dati in output attraverso l'analisi dei layer, i quali rappresentano vere e proprie tabelle. Ogni layer, visibile in OpenJUMP, ha una struttura definita dal programmatore per mezzo di un FeatureSchema il quale indica il nome e la tipologia degli attributi di una Feature. La Feature non è altro che una

riga della tabella, rappresentata dal layer, che contiene i dati di output dell'elaborazione.

La versione di OpenJump utilizzata nello svolgimento di questa tesi è la 1.5.0, rilasciata nel luglio 2012.

**JTS**

La JTS Topology Suite è una libreria open source, scritta in Java, che consente di rappresentare le geometrie euclidee attraverso una modellazione ad oggetti. In JTS l'oggetto centrale per rappresentare l'informazione spaziale è la classe Geometry. Tale classe ha le seguenti sottoclassi:

- Point / MultiPoint;
- LineString / LinearRing / MultiLineString;
- Polygon / MultiPolygon;
- GeometryCollection.

La JTS mette a disposizione numerose funzioni geometriche, tra le quali possiamo citare:

- gli operatori topologici, che realizzano le funzioni di intersezione, differenza, unione;
- la funzione per la creazione del buffer intorno alla geometria;
- la funzione per la costruzione dell'inviluppo convesso;
- alcune funzioni per la semplificazione delle geometrie, come l'algoritmo di Douglas-Peucker;
- la funzione per la costruzione del Minimum Bounding Box.

Oltre a queste funzioni, la JTS fornisce l'implementazione di indici spaziali, come il quadtree9, che offrono un modo veloce per la risoluzione di query spaziali.
La versione utilizzata nell'ambito di questa tesi è la JTS 1.12.

# 2 ATTUALE PROCESSO DI GENERALIZZAZIONE DELL'EDIFICATO

Attualmente sono già stati sviluppati alcuni algoritmi per la generalizzazione dell'edificato all'interno del progetto CARGEN. Questi però spesso presentano delle problematiche ancora da risolvere che non rendono la generalizzazione ottimale. Il seguente lavoro di tesi vuole rivedere l'intero processo di generalizzazione dell'edificato, al fine di risolvere tali problemi. Attualmente il processo prevede alcune fasi principali descritte in dettaglio in (Baldin R., 2010):

- il partizionamento: consente di suddividere la regione da generalizzare in aree più piccole mediante l'utilizzo della rete stradale, idrica o ferroviaria. Tali aree prendono il nome di blocchi e la loro individuazione consente di ridurre lo sforzo computazionale necessario per l'elaborazione.
- l'analisi: consente di suddividere la varie aree della regione classificandole in urbane, rurali e industriali a seconda della tipologia e della densità degli edifici all'interno del blocco;
- la generalizzazione delle aree urbane ad alta e a media densità;
- la generalizzazione delle aree rurali e industriali;
- la generalizzazione degli edifici isolati.

Qui di seguito viene riportato uno schema che illustra tale processo nelle sue fasi principali, evidenziando in arancio quali sono i suoi punti deboli. Da quanto si vede la generalizzazione degli edifici appartenenti a **blocchi urbani** non ha sostanzialmente problemi. In questo caso infatti sono già stati sviluppati due algoritmi:

- il primo si occupa della **generalizzazione delle aree urbane ad alta densità**, in cui è praticamente impossibile mantenere l'individualità degli edifici. Per tale motivo la strategia risolutiva adottata prevede l'applicazione dell'algoritmo di amalgamation by flooding (Regnauld N., 2003), in cui ogni

edificio viene sostituito con un poligono di dimensioni pari al blocco che lo contiene;

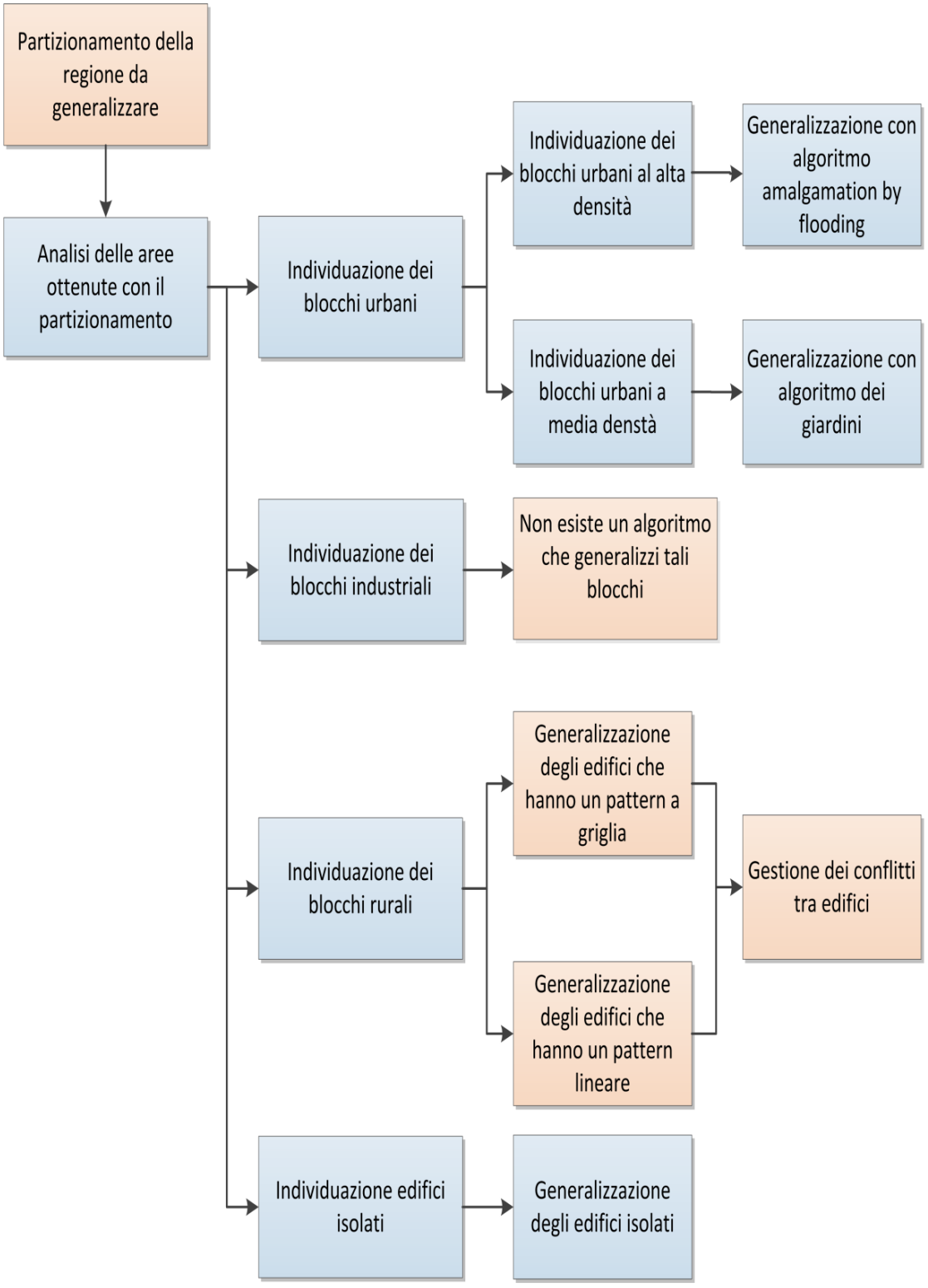



**Figura 2.1: schema dell'attuale processo di generalizzazione dell'edificato.**

- il secondo si occupa della **generalizzazione delle aree urbane a media densità,** in cui gli edifici spesso molto vicini tra di loro, producono forme irregolari. In questo caso l'algoritmo applicato, (detto dei giardini), anziché considerare gli edifici va a generalizzare gli spazi liberi che delimitano le aree in cui non sono presenti costruzioni.

I **blocchi industriali**, anche se individuati correttamente, non hanno attualmente un algoritmo che li generalizzi. Per tale ragione essi vengono trattati come i blocchi rurali.

Anche l'individuazione dei **blocchi rurali** avviene correttamente, ed in parte sono buoni gli algoritmi che si occupano di individuare pattern lineari o a griglia. La gestione dei conflitti tra edifici provoca però, un'alterazione dei risultati ottenuti fino a questo punto tanto grave da mettere in discussione anche gli algoritmi di individuazione dei pattern.

Infine l'algoritmo che generalizza gli **edifici isolati**, cioè quelli che non hanno vicini nel raggio di 30 m, è da considerarsi buono in quanto essendo così lontani dagli altri possono essere allargati senza provocare conflitti. In sostanza tale algoritmo si preoccupa di aumentare l'area dell'edificio, nel caso in cui questo sia troppo piccolo, e allo stesso tempo controlla ogni sua parte, andando ad individuare i corridoi troppo stretti che lo compongono e che quindi devono essere allargati.

Di seguito viene illustrata ogni fase del processo che non è ottimizzata e ne vengono rilevati i vari problemi.

## 2.1 DESCRIZIONE DELLA FASE DI PARTIZIONAMENTO

La fase iniziale, dell’algoritmo di generalizzazione degli edifici, prevede il partizionamento della regione da generalizzare in aree più piccole. Tale operazione ha l’obiettivo di identificare degli ostacoli naturali, come strade, fiumi e ferrovie, che consentono di separare gli edifici in blocchi.

La costruzione dei blocchi varia a seconda degli elementi lineari dati input per effettuare il partizionamento. In genere per ottenere buoni risultati si utilizza la rete stradale, in quanto l'edificato è in stretta relazione con la viabilità, ma si può ricorrere

anche all'uso della rete idrica o ferroviaria. L'algoritmo attuale, nel caso in cui siano utilizzate più reti, produce un insieme unico contenente tutti gli elementi lineari da utilizzare per effettuare il partizionamento.

La mappa in input che deve essere generalizzata, non ha un bordo proprio, quindi nell'algoritmo, si procede con il calcolo di una convex hull, cioè di una linea chiusa che contiene tutti gli elementi dalla mappa: edifici, rete stradale, ferroviaria e idrica. Anche questa nuova linea viene inserita tra quelle utilizzate per determinate il partizionamento dalla mappa.

Arrivati a questo punto, la costruzione dei blocchi inizia dalla generazione di un grafo topologico contenente nodi e archi degli elementi lineari appena individuati. L'insieme degli archi viene utilizzato al fine di produrre nuovi poligoni generati sulla base dei percorsi chiusi da essi composti. Tali nuovi poligoni rappresentano i blocchi in cui viene partizionata la mappa.

L'attuale algoritmo di partizionamento si occupa anche dell'individuazione dei dangles, cioè di tutti quegli archi che hanno una o entrambe le estremità che non sono incidenti con altri archi. Tali elementi, anche se non utili per il partizionamento, sono comunque importanti per le fasi successive in cui si procede alla generalizzazione degli edifici.

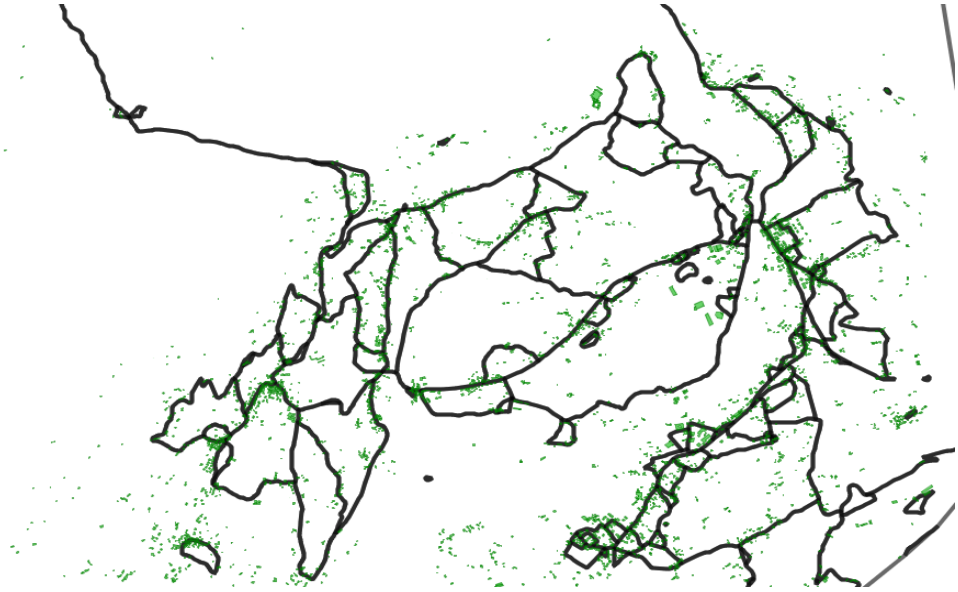


**Figura 2.2: In nero sono rappresentati i blocchi in cui la mappa di partenza viene suddivisa.**

### 2.1.1 PROBLEMI LEGATI ALLA FASE DI PARTIZIONAMENTO

Tale algoritmo crea una partizione della mappa che non è soddisfacente, in quanto, i blocchi che si ottengono sono di diversa misura: alcuni di essi hanno dimensioni molto ampie, altri invece sono piccoli.

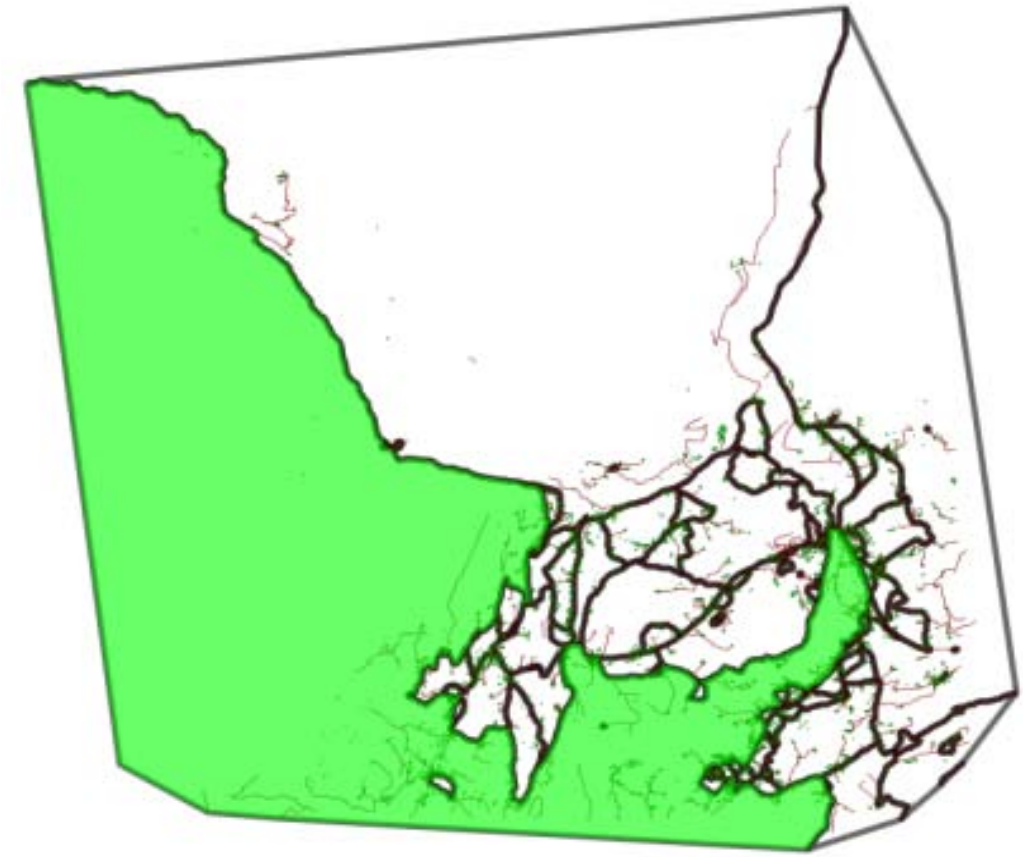


**Figura 2.3: In verde viene indicato un esempio di blocco di grandi dimensioni lungo il bordo della mappa.**

Nei blocchi troppo ampi spesso la generalizzazione degli edifici non avviene in maniera corretta, in quanto edifici molto lontani, seppur appartenenti allo stesso blocco, non devono essere correlati nel momento in cui vengono generalizzati. Per evitare questa correlazione non necessaria tra edifici molto lontani, bisogna partizionare ulteriormente i blocchi troppo ampi.

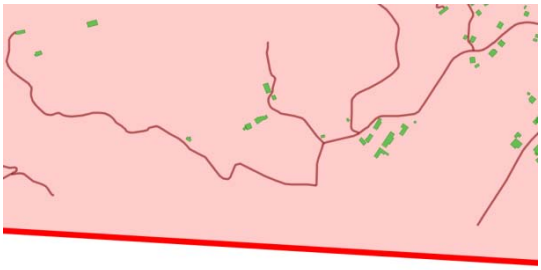


**Figura 2.4: Dall'immagine si vede che le strade, indicate in marrone, non toccano il bordo della mappa, indicato in rosso, generando blocchi di grandi dimensioni.**

Il problema citato sopra si manifesta sopratutto lungo il bordo della mappa in quanto la mappa essa non presenta un bordo proprio, e la costruzione della convex hull spesso non interseca i punti finali delle strade che sono lungo il contorno della mappa stessa. Per tale motivo, proprio lungo i bordi di quest'ultima si vengono a generare blocchi molto grandi e spesso stretti che inglobano edifici troppo lontani per essere considerati in relazione.

## 2.2 DESCRIZIONE DEL PROCESSO DI GENERALIZZAZIONE DEL CONTESO RURALE

Il seguente schema illustra le tre fasi principali dell'attuale processo di generalizzazione del contesto rurale. Nei successivi paragrafi viene descritto l'algoritmo associato ad ogni fase e vengono elencati i problemi riscontrati da risolvere.

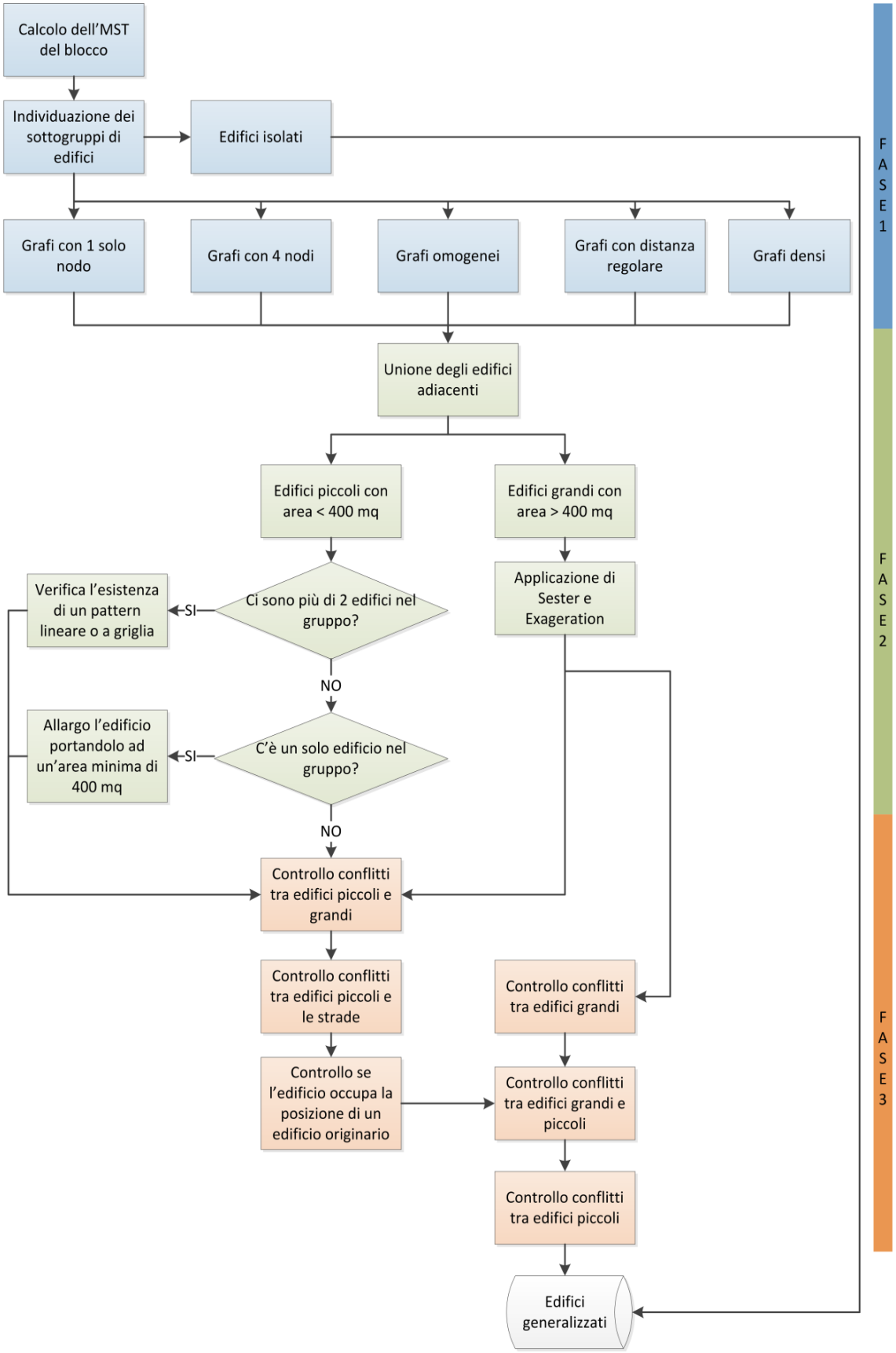



**Figura 2.5: schema dell'attuale processo di generalizzazione delle aree rurali.**

### 2.2.1 FASE 1:INDIVIDUAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI SOTTOGRUPPI

Le aree rurali, in cui viene suddivisa la regione da generalizzare, sono quelle caratterizzate da una bassa densità di edifici. Quindi lo spazio libero all'interno del blocco rurale sarà sufficiente per preservare l'edificio rispettando i vincoli relativi alla leggibilità e alla chiarezza.

Attualmente, la generalizzazione degli edifici avviene seguendo l'approccio di Regnauld (Regnauld N., 2001) che prevede il calcolo di un minimum spanning tree degli edifici presenti all'interno di un blocco, in quanto la prossimità è uno dei principali criteri per determinare un raggruppamento. La strategia prosegue con l'analisi dell'MST e la segmentazione di quest'ultimo in sottogruppi sulla base dell'omogeneità degli edifici che lo compongono. Il processo di segmentazione dell'MST termina solo quando viene trovato un pattern regolare tra gli edifici del gruppo oppure quando il gruppo diventa troppo piccolo. L'obiettivo è quello di trovare gruppi omogenei in base a due criteri: la taglia e l'orientamento. La taglia infatti ha lo scopo di individuare i centri residenziali da quelli industriali, mentre l'orientamento consente di individuare gli edifici disposti lungo le strade. A tale proposito Regnauld propone la classificazione dei gruppi in quattro grandi categorie:

- gruppi con meno di quattro edifici;
- gruppi omogenei rispetto a taglia e ad orientamento degli edifici;
- gruppi con distanza regolare degli edifici (lo spazio tra i vari edifici è regolare);
- gruppi densi, in cui la distanza maggiore tra due edifici è minore di una data soglia.

### 2.2.2 PROBLEMI LEGATI ALL'INDIVIDUAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEI SOTTOGRUPPI

A questo punto sorge un primo problema legato all'individuazione dei gruppi, essi infatti presentano alcuni difetti:

- i gruppi spesso sono troppo frammentati in quanto se uno di essi non è omogeneo la sua segmentazione in sottogruppi si ferma solo quando è

composto da quattro elementi. Questo provoca un'eccessiva frammentazione che rende difficile, o comunque non buona, la generalizzazione degli edifici appartenenti al sottogruppo;

- i gruppi non sono regolari, in quanto la loro segmentazione può fermarsi prematuramente perché gli elementi che li compongono sono simili per quel che riguarda taglia e orientamento, ma possono essere distribuiti in modo irregolare;
- i gruppi non rappresentano una classificazione esclusiva, ad esempio un gruppo omogeneo può essere anche denso e viceversa;
- i gruppi, una volta identificati, non vengono generalizzati con algoritmi differenti e specifici per il singolo caso, ma vengono trattati tutti allo stesso modo, rendendo quindi vano il lavoro di classificazione fin qui svolto.

### 2.2.3 FASE 2:INDIVIDUAZIONE DEI PATTERN

Una volta individuati i gruppi, gli edifici in essi contenuti vengono classificati in base all'area:

- quando l'edificio ha area inferiore a 400 mq significa che esso non è visibile nella mappa alla scala di destinazione e quindi deve essere elaborato al fine di raggiungere l'area minima stabilita dalle specifiche IGM;
- quando l'edificio ha area superiore a 400 mq, se alcune delle sue parti sono troppo strette, esso deve semplicemente essere migliorato. Tale miglioramento viene eseguito attraverso l'applicazione di alcuni algoritmi come Sester (Callegari D., 2008) ed Exaggeration (Baldin, 2010).

Nella trattazione degli edifici di piccola taglia, viene fatta un'ulteriore differenziazione a seconda della cardinalità del gruppo. Nel caso in cui il gruppo sia composto da un solo edificio questo viene ampliato aumentandone l'area, se invece il gruppo è composto da più edifici allora si procede con la ricerca di un pattern e con l'attuazione di una tipizzazione che ha lo scopo di ridurre il numero di elementi da rappresentare nella scala di destinazione.

I pattern individuati sono i seguenti:

- lineare: la sua individuazione avviene analizzando il gruppo di edifici precedentemente trovato con il taglio dell'MST. Tale analisi controlla se esiste un sottogruppo di elementi che segue un andamento rettilineo, se ciò si verifica allora il pattern è stato individuato e quindi:
    - viene selezionato l'edificio di area minore e viene allargato al fine di essere utilizzato come modello per mettere in atto una tipizzazione;
    - viene calcolato il numero di nuovi centri in cui fare sorgere più copie del modello. Essi vengono determinati in base alla lunghezza del pattern, alla dimensione del modello e alla distanza minima che deve essere rispettata tra un edificio e l'altro;
    - sulla base del numero di centri e della lunghezza del pattern vengono calcolate le nuove posizioni in cui far sorgere il centro di ogni modello;
    - in ogni posizioni viene replicato un modello che rappresenta l'edificio generalizzato.
- a griglia: la sua individuazione avviene in maniera analoga a quanto visto per l'individuazione del pattern lineare, solo che il controllo dell'esistenza del pattern avviene in due direzioni, una ortogonale all'altra.

### 2.2.4 PROBLEMI LEGATI ALL'INDIVIDUAZIONE DEI PATTERN

L'individuazione dei pattern a griglia e lineare non avviene in modo ottimale, in quanto, operando con l'attuale processo di generalizzazione vengono individuali molti gruppi di edifici che sembrano seguire il pattern quando invece non è vero. Ad esempio per un gruppo di edifici i cui elementi hanno distanza regolare viene sicuramente individuato un pattern lineare o a griglia, anche se essi magari hanno orientamento e taglia diversa. Analogamente anche per gruppo di edifici omogenei viene sicuramente individuato un pattern anche se questi sono distribuiti in maniera molto irregolare tra di loro.

Un altro problema che si presenta riguarda la scelta dell'edificio modello che viene utilizzato per effettuare la tipizzazione. Nel gruppo di edifici da tipizzare, il modello scelto è rappresentato sempre dall'edificio con area minore, ma non è detto che

questo approssimi la forma degli edifici appartenenti a gruppi densi o a distanza regolare in quanto gli edifici possono essere anche molto diversi tra di loro. Il modello può effettivamente essere utilizzato solo quando tutti gli edifici del gruppo sono simili in dimensione e orientamento.

Spesso inoltre quando si utilizza l'edificio più piccolo come modello, anche se viene ingrandito non garantisce che la sua area sia effettivamente maggiore a 400 mq, come richiesto dalle specifiche IGM. Inoltre l'ingrandimento del modello, non garantisce nemmeno che la sua forma sia regolare, priva di rientri e sporgenze, si rende quindi necessario aumentare le dimensioni del modello e migliorare la sua forma.

Infine non ha senso verificare l'esistenza di pattern lineari o a griglia solo nei gruppi di edifici piccoli, cioè con area minore a 400 mq, in quanto il pattern può presentarsi anche nei gruppi di edifici di dimensioni maggiori.

### 2.2.5 FASE 3: GESTIONE DEI CONFLITTI

Quando si esegue la tipizzazione di più gruppi di edifici, oppure quando il singolo edificio viene allargato, si possono generare tutta una serie di conflitti. Questi si verificano non all'interno di un singolo gruppo, ma quando i vari risultati di generalizzazione vengono inseriti tutti all'interno dello stesso blocco. Spesso si verificano situazioni di sovrapposizioni tra edifici provocando la perdita dell'individualità e la diminuzione della chiarezza e della leggibilità della mappa.

Al fine di evitare questi problemi l'algoritmo attuale ricorre ad una politica di gestione dei conflitti. In particolare sono previste le seguenti situazioni:

- gestione dei conflitti tra edifici piccoli e grandi: questo è un primo controllo che viene eseguito sugli edifici piccoli che sono stati tipizzati e che quindi aumentando la loro area possono essere diventati in parte grandi. In questo caso ogni edificio piccolo che dovesse intersecare un edificio grande viene eliminato;

- gestione dei conflitti con le strade: con la tipizzazione può accadere che alcuni edifici generalizzati si trovino a sorgere esattamente su una strada. In tal caso il conflitto viene gestito con l'eliminazione dell'edificio;
- controllo di posizione: con l'applicazione della tipizzazione alcuni edifici possono sorgere in posizioni troppo lontane rispetto all'edificio originario. In questo caso si va a controllare se l'edificio di partenza interseca l'edificio generalizzato, se questo non avviene allora il nuovo edificio viene eliminato;
- gestione conflitti tra edifici grandi: nel momento in cui un edificio grande è soggetto ad ampliamenti di alcune delle sue parti strette (mediante l'uso dell'algoritmo Exaggeration), può accedere che esso non rispetti più la distanza minima con gli altri edifici grandi che gli sono vicini. In questo caso nessuno dei due edifici può essere eliminato, avendo area maggiore a 400 mq, quindi tale conflitto viene gestito con
    - il calcolo di un buffer su ogni edificio, pari alla distanza minima che deve esserci tra due elementi;
    - la riduzione dell'edificio che viene intersecato dal buffer. Tale riduzione è pari all'area del buffer che interseca l'edificio stesso;
- gestione dei conflitti tra edifici grandi e piccoli: in tal caso si procede nel seguente modo
    - su ogni edificio grande viene calcolato un buffer pari alla distanza minima;
    - vengono individuati tutti gli edifici piccoli che intersecano tale buffer;
    - si calcola l'area dell'edificio grande;
    - si calcola l'area dell'insieme di edifici piccoli che intersecano il buffer;
    - se l'area dell'edificio grande supera l'area degli edifici piccoli, allora si procede con l'eliminazione di quest'ultimi, altrimenti si procede con l'eliminazione dell'edificio grande;

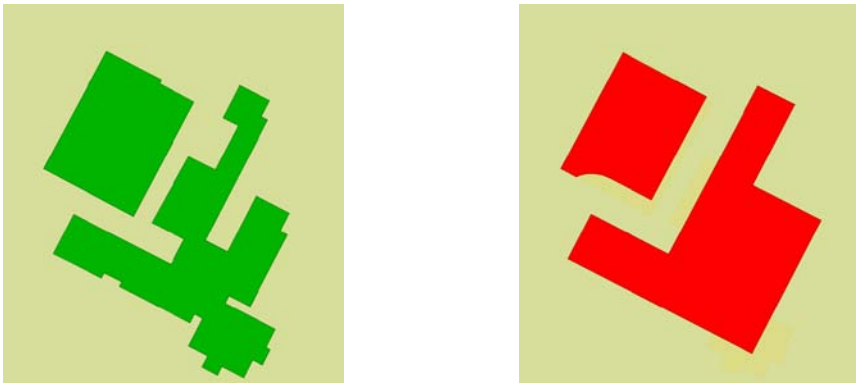


**Figura 2.6: Esempio di gestione dei conflitti tra edifici grandi. La forma dell'edificio che subisce la riduzione con il buffer non è adeguata.**

- gestione dei conflitti tra edifici piccoli: per ogni edificio viene creata una lista di tutti gli edifici piccoli che non rispettano la distanza minima. Da tale lista vengono eliminati tutti gli edifici, tranne quello di area maggiore. Così operando saranno restituiti, tra tutti gli edifici piccoli che sono in conflitto, solo quelli di area maggiore.

### 2.2.6 PROBLEMI LEGATI ALLA GESTIONE DEI CONFLITTI

La politica di gestione dei conflitti attualmente utilizzata non è delle migliori, in quanto spesso molti edifici vengono eliminati comportando una perdita eccessiva di informazione nel passaggio dalla scala di partenza a quella di destinazione. Operando in tal senso spesso si va a perdere la reale disposizione degli edifici e la densità dell'edificato viene ridotta eccessivamente rispetto alla densità di partenza.

La decisione drastica di eliminare gli edifici tipizzati che non rispettano certi vincoli non è quindi una strategia adatta, in quanto essa rende vano lo sforzo impiegato per la ricerca e la trattazione dei pattern lineari e a griglia.

Anche la gestione dei conflitti tra edifici di grandi dimensioni non produce buoni risultati, in quanto la riduzione dell'edificio per mezzo di un buffer non fa altro che produrre forme irregolari e inaccettabili per un processo di generalizzazione.

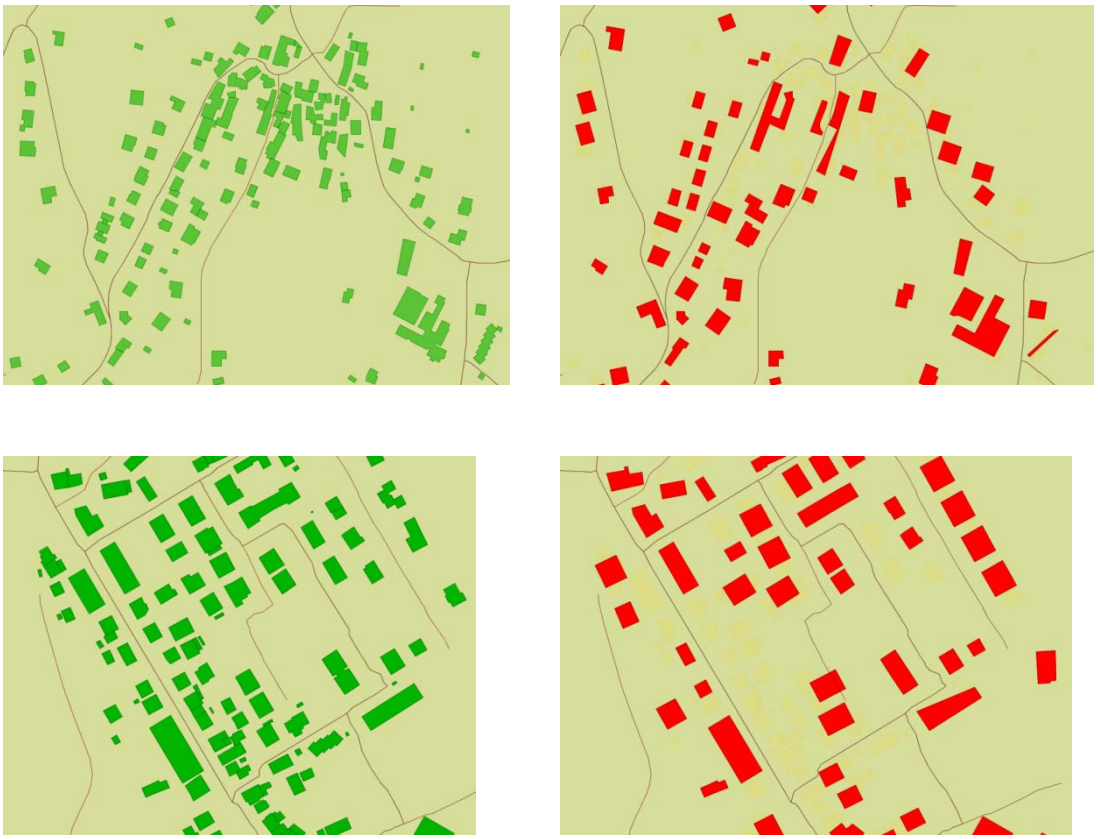


**Figura 2.7: sono riportati due esempi di come gli edifici di partenza, vengono generalizzati con altri edifici che non rendono bene l'idea della loro disposizione. La loro densità è ridotta notevolmente a causa dell'errata gestione dei conflitti.**

# 3 ESTENSIONE DELL'ALGORITMO DI GENERALIZZAZIONE DELL'EDIFICATO

Per risolvere i problemi da cui è affetto l'attuale algoritmo di generalizzazione degli edifici, è stato interamente rivisto il processo su cui esso si basa. Qui di seguito viene riportato uno schema rappresentante il processo migliorato. Esso è composto principalmente da 3 fasi di seguito illustrate nello schema con colori differenti.

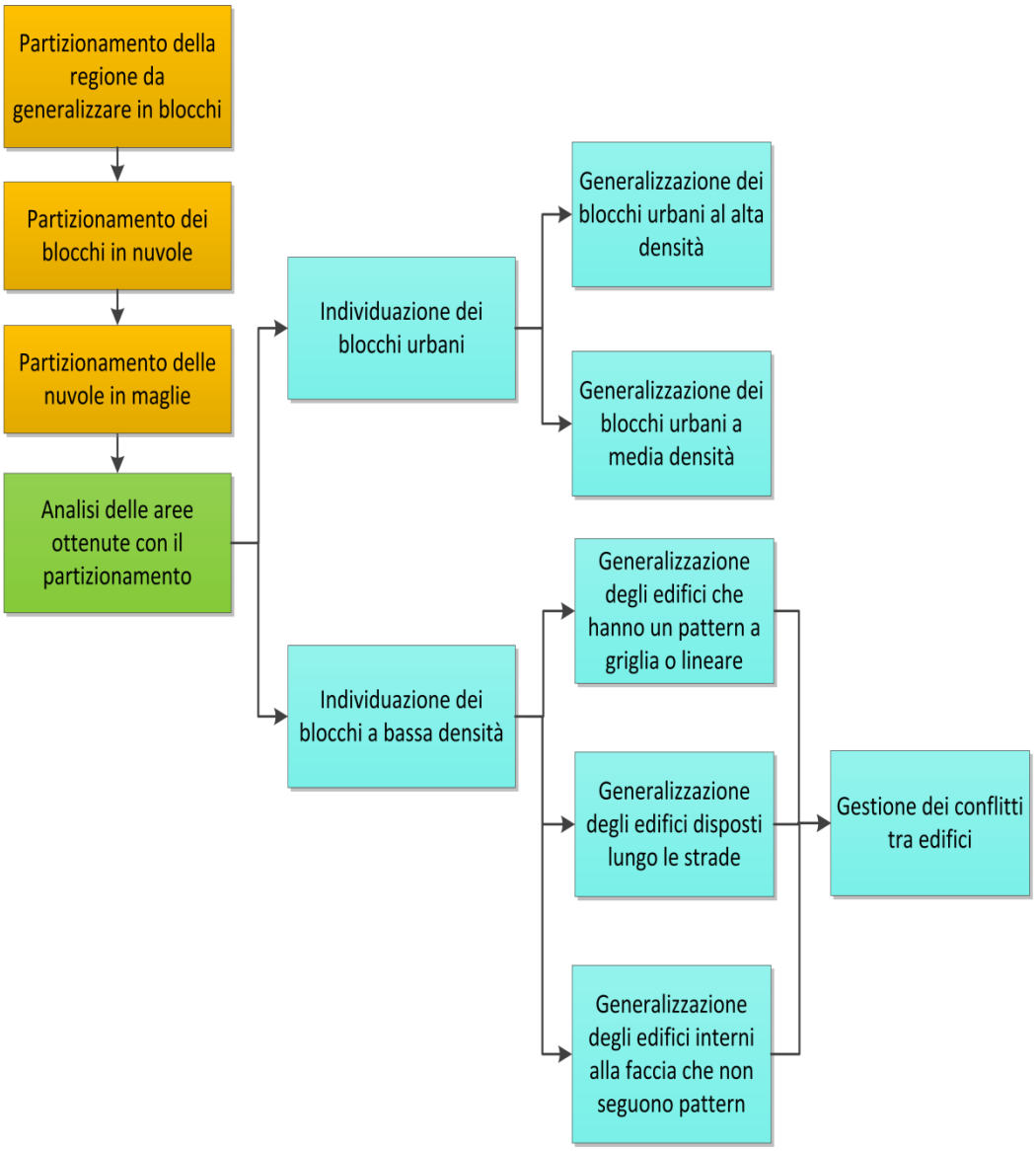



**Figura 3.1:schema del nuovo processo di generalizzazione dell'edificato.**

Il processo prevede una prima fase di partizionamento che non si limita a dividere l'area da generalizzare in blocchi, ma tiene conto anche della vicinanza tra i vari edifici. Più edifici che hanno le stesse caratteristiche di similitudine e che appartengono ad uno stesso blocco, possono venire a loro volta suddivisi in sottogruppi perché troppo lontani. Inoltre il partizionamento prevede un'ulteriore fase di verifica, infatti i vari sottogruppi generati sulla base della prossimità, possono presentare al loro interno delle strade in cui una sola estremità è incidente con un'altra strada (dangles) e quindi possono essere da questi partizionati ulteriormente.

La fase di partizionamento è molto importante, in quanto questa suddivisione consente di generare della aree abbastanza piccole in modo tale che gli edifici che vi fanno parte abbiano caratteristiche analoghe. Sulla base di tale suddivisione è possibile rilevare gruppi ben precisi e migliorarne così la generalizzazione.

Nella seconda fase vengono analizzate le varie maglie individuate dal partizionamento, e vengono suddivise in urbane, industriali e rurali a seconda della densità degli edifici al loro interno. Tale fase nel nuovo processo resta sostanzialmente invariata rispetto al processo originario.

La terza fase prevede il vero e proprio processo di generalizzazione delle aree appena classificate a seconda della tipologia:

- le aree urbane vengono suddivise a seconda che la densità degli edifici sia alta o media. Sulla base di questo criterio, sono stati sviluppati due algoritmi differenti analogamente a quanto visto nel Capitolo 1.
- le aree industriali e rurali vengono trattate con lo stesso algoritmo rientrando nelle aree a bassa densità. La generalizzazione delle aree a bassa densità controlla se sono presenti edifici che seguono pattern lineari o a griglia. Vengono definite griglie gli edifici allineati principalmente lungo due direzioni, solitamente ortogonali. Questo tipo di pattern è presente soprattutto in aree residenziali di recente costruzione.

Nel caso in cui gli edifici non seguano questi pattern, allora si procede all'analisi degli edifici disposti lungo le strade. Infine si passa all'analisi dei singoli edifici, interni alla faccia, classificandoli a seconda delle loro caratteristiche e dimensioni, introducendo una nuova politica di gestione dei conflitti.

## 3.1 FASE DI PARTIZIONAMENTO

Al fine di migliorare la fase di partizionamento della mappa, sono stati introdotti principalmente due cambiamenti che qui di seguito vengono descritti.

Tra i problemi è emerso che edifici molto lontani tra di loro, anche se appartenenti allo stesso blocco, non sono in relazione, perciò si è reso necessario introdurre un meccanismo attraverso il quale identificare gruppi di edifici vicini. Per fare questo, viene selezionato ogni blocco[1], individuato dal precedente algoritmo di partizionamento, e per ogni edificio contenuto al suo interno viene calcolato un buffer parametrizzato (50 m) sul suo centro. Operando in questo modo, si ha ovviamente che alcuni buffer si intersecano tra loro, proprio perché gli edifici su cui essi vengono generati, sono tra loro vicini.

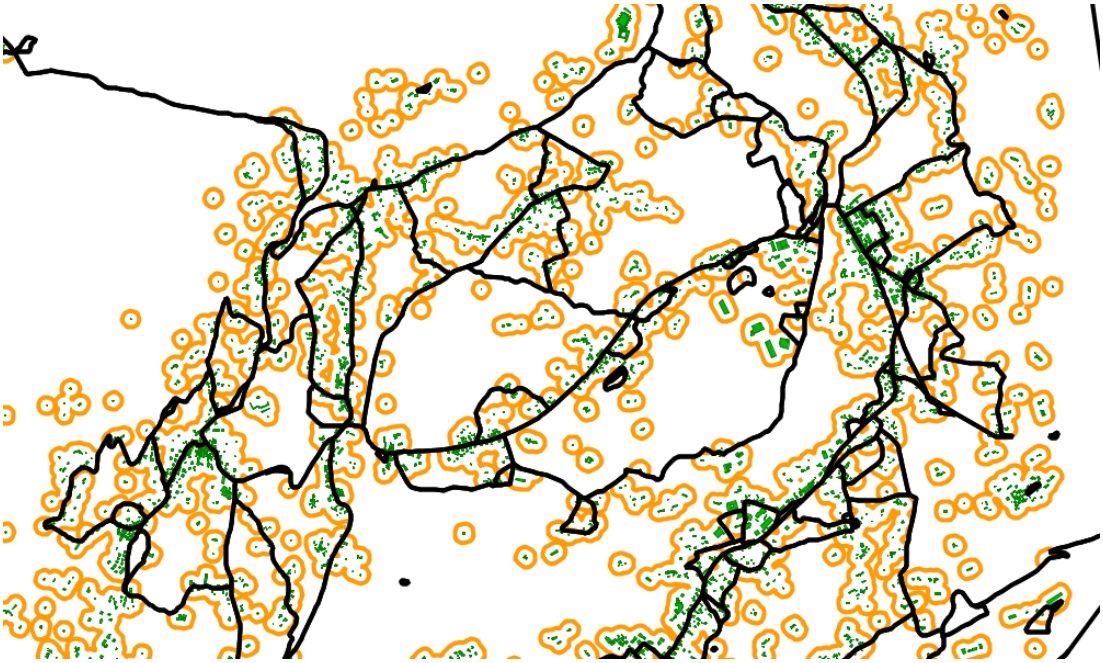


**Figura 3.2: in nero vengono rappresentati i blocchi generati con l'algoritmo precedente. In arancio sono indicate le nuvole generate con lo scopo di partizionare ogni singolo blocco.**

Vengono perciò a costituirsi dei gruppi di buffer, detti nuvole (il nome deriva dalla forma tipicamente a nuvola che i gruppi assumono attraverso l'unione dei loro

[1] Blocco: esso rappresenta le aree in cui la mappa di partenza viene suddivisa mediante l'identificazione di ostacoli naturali, come strade, fiumi e ferrovie, che consentono di separare gli edifici.

buffer), che rappresentano un partizionamento per il blocco e che possono essere classificati in due categorie:

- le nuvole occupate da edifici, rappresentate dell'unione dei buffer;
- le nuvole prive di edifici, ottenute come differenza tra l'area del blocco e l'area dei buffer uniti.

Esaminando il risultato ottenuto con il nuovo partizionamento, è emerso un ulteriore problema, in quanto come si vede dalla figura riportata qui sotto, può accadere che una nuvola sia interamente attraversata da un dangle (indicato in marrone nella figura). Il partizionamento appena modificato, non suddivide tale nuvola in più parti come sarebbe giusto fare.

A tale proposito, analogamente a quanto accade per i blocchi, anche le nuvole sono soggette ad un processo di partizionamento ulteriore. Per prima cosa si procede con il rilevare l'insieme di dangle che intersecano la nuvola e sulla base di tale insieme, si ricercano quei dangle che la tagliano interamente; essa viene così divisa in più parti (come viene indicato in rosso nella figura qui sotto) generando quelle che vengono chiamate maglie.

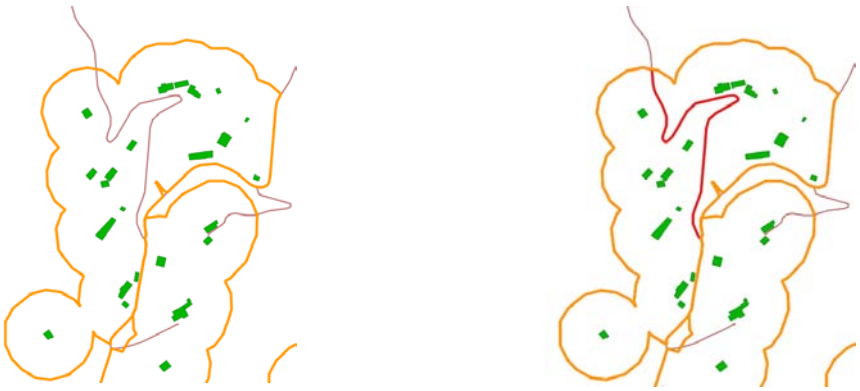


**Figura 3.3: a sinistra si vede la nuvola attraversata completamente dal dangle, indicato in marrone; a destra si vede che la nuvola viene suddivisa in due parti.**

Nel complesso quindi il processo di partizionamento prevede:

- l'individuazione dei **blocchi**;
- la suddivisione dei blocchi in **nuvole**;
- la suddivisone delle nuvole in **maglie**.

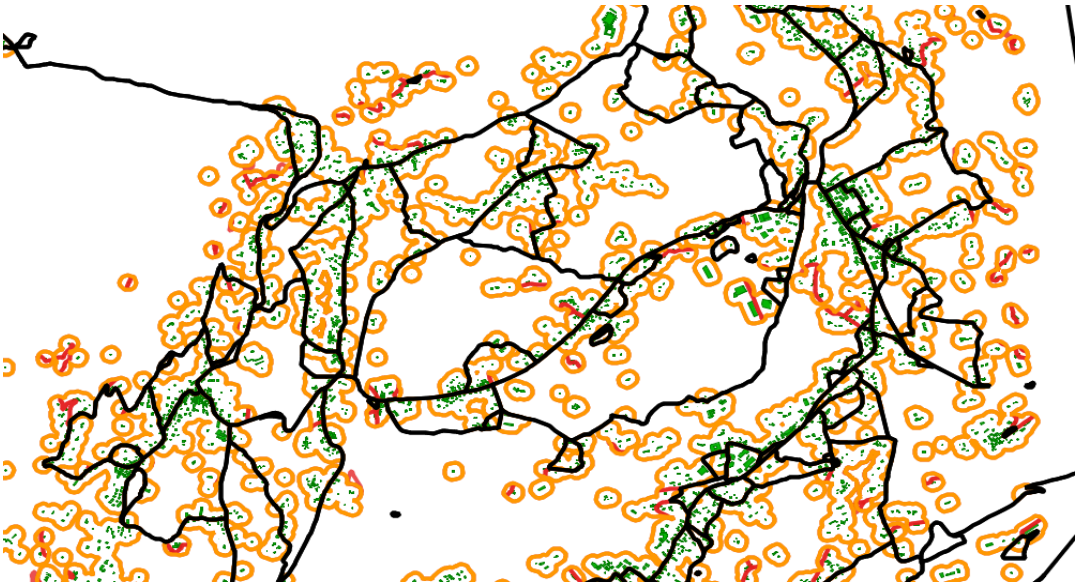


**Figura 3.4: in nero vengono individuati i blocchi, in arancio si vede la suddivisione dei blocchi in nuvole e in rosso viene indicato il partizionamento della nuvole in maglie.**

## 3.2 FASE DI GENERALIZZAZIONE DEL CONTESTO A BASSA DENSITÀ

Nel processo attuale di generalizzazione degli edifici, i blocchi ottenuti nella fase di partizionamento sono suddivisi a seconda della densità degli edifici al loro interno. In particolar modo vengono individuate 3 categorie: le aree urbane, quelle industriali e quelle rurali.

Il capitolo seguente vuole illustrare i miglioramenti che sono stati introdotti nel processo di generalizzazione della aree a bassa densità che comprendono aree rurali e industriali. Tali aree hanno una bassa densità di edifici al loro interno e presentano una grande molteplicità di casi da trattare. Al loro interno infatti possono esserci edifici isolati, piccoli gruppi di edifici ad alta densità, edifici sparsi, e quindi la difficoltà principale sta proprio nel riuscire a trattare tutti questi casi.

Per raggiungere questo obiettivo, il processo di generalizzazione della aree rurali precedentemente adottato è stato interamente rivisto. La nuova idea consiste, nell'individuare principalmente tre tipologie di edifici classificati in base alla loro disposizione:

- edifici che seguono un pattern lineare o a griglia;
- edifici che sono disposti lungo le strade;
- edifici interni ai blocchi che non seguono un pattern.

La classificazione appena introdotta segue un preciso ordine di importanza, in quanto è fondamentale andare ad individuare primariamente le aree che seguono un pattern regolare tipico degli edifici di recente costruzione. È importante quindi individuare gli edifici disposti a griglia in quanto consentono di rappresentare caratteristiche tipiche del territorio.

Fondamentale è anche l'individuazione degli edifici disposti lungo le strade, in quanto tale pattern è molto frequente qualsiasi siano le caratteristiche della regione da generalizzare.

Infine tutti gli altri edifici che si trovano all'interno della maglia subiranno una generalizzazione in base alla loro dimensione, questo perché nel territorio spesso sono presenti edifici dalla forme caratteristiche che non possono essere generalizzati

come un qualsiasi altro edificio in quanto devono preservare le caratteristiche del territorio.

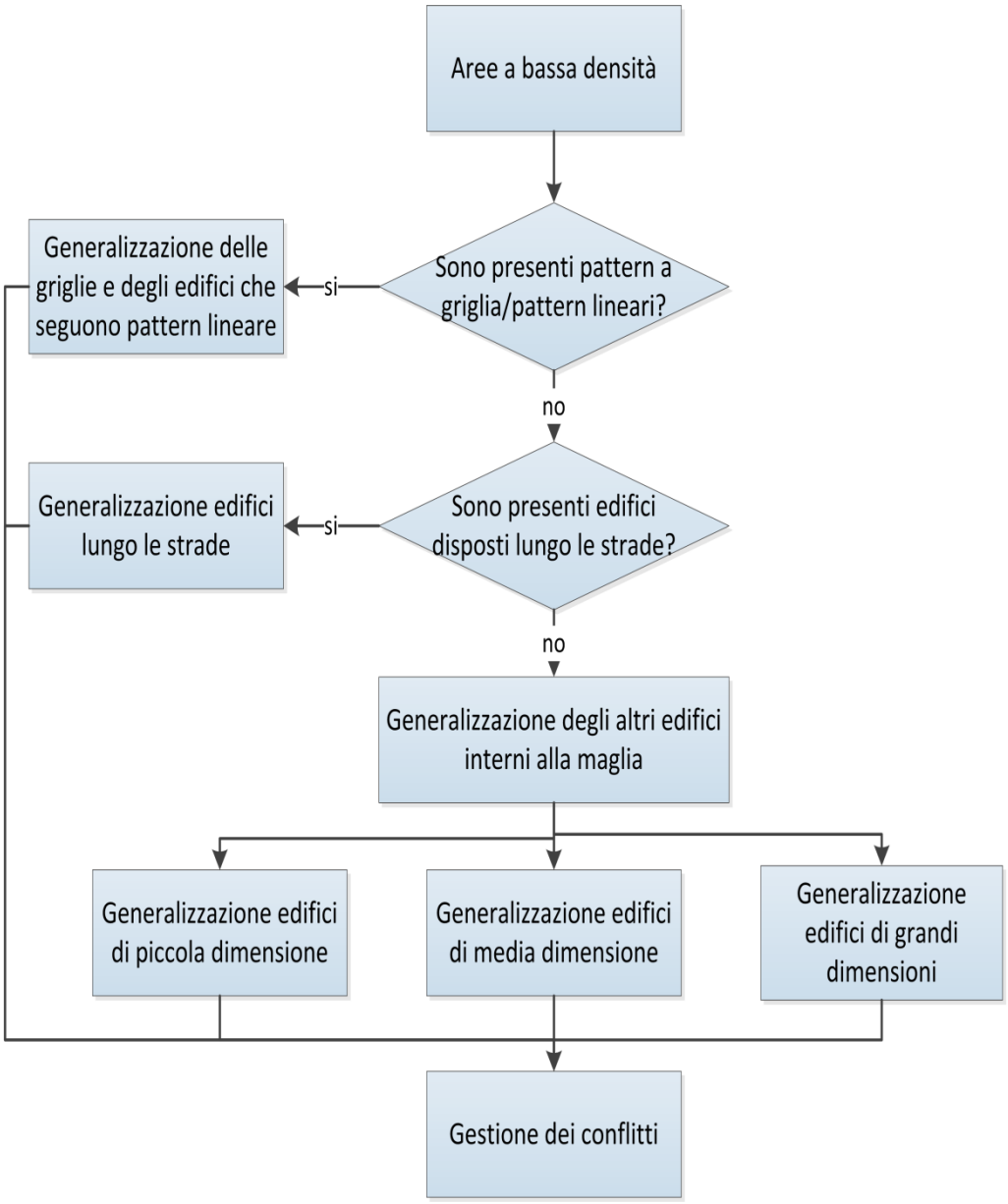



**Figura 3.5: schema del processo di generalizzazione delle aree a bassa densità.**

# 4 ALGORITMO PER EDIFICI CHE SEGUONO UN PATTERN LINEARE O A GRIGLIA

Le aree residenziali, in particolare quelle di recente costruzione, possono seguire un pattern regolare che può essere lineare o a griglia, in cui gli edifici sono disposti principalmente lungo due direzioni, tipicamente una ortogonale all'altra. Visto che tali pattern risultano essere elementi che caratterizzano il territorio, è bene ricercarli all'inizio del processo di generalizzazione.

La generalizzazione di questi pattern avviene mediante la tipizzazione che è un operatore in grado di ridurre il numero di edifici rappresentati nel dato derivato pur mantenendone le caratteristiche salienti di distribuzione.

La tipizzazione avviene sostituendo gli edifici con un edificio rappresentativo (modello) che viene ripetuto lungo le linee principali del pattern.

Per identificare pattern lineari o a griglia il processo individua gruppi omogenei di edifici, identifica la direzione principale del pattern e determina il modello da utilizzare per la tipizzazione.

## 4.1 IDENTIFICAZIONE DEI GRUPPI OMOGENEI

Prima di tutto, nell'identificazione dei gruppi omogenei, va considerata la prossimità tra gli edifici che appartengono ad una stessa maglia, in quanto il pattern lineare o a griglia deve essere considerato solamente tra edifici vicini. Per fare questa analisi viene dapprima calcolata una triangolazione sui centri degli edifici e successivamente si misura la lunghezza di ogni segmento che congiunge tali centri: se tale lunghezza supera una data soglia, allora il lato viene eliminato creando, al termine della procedura, gruppi di edifici che hanno distanza inferiore alla soglia prestabilita.

La prossimità non è una caratteristica sufficiente per classificare un gruppo omogeneo, in quanto edifici vicini possono essere tra loro molto diversi. A tale proposito, per ogni edificio, si procede con il calcolo di alcune metriche:

- direzione principale;
- area;
- compattezza: definita come rapporto tra il perimetro e l'area dell'edificio.

Ottenuti questi valori, si va a verificare l'affinità degli elementi in quanto solo se gli edifici sono vicini e hanno direzione, area e compattezza simili allora vanno a costituire un unico gruppo omogeneo.

Ogni gruppo omogeneo individuato è un possibile candidato a seguire un pattern lineare o a griglia.

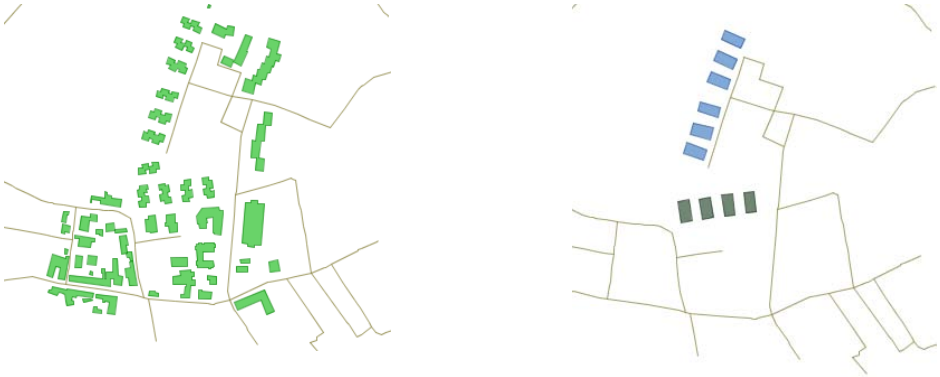


**Figura 4.1: nella figura vengono indicati i gruppi che sono considerati omogenei.**

## 4.2 IDENTIFICAZIONE DELLA DIREZIONE DEL PATTERN

Al fine di identificare la direzione del pattern, per ogni gruppo omogeneo viene delimitata l'area da esso coperta, mediante il calcolo di un minimum boundary rectangle (MBR) sulla collezione di edifici. La direzione del MBR è ottenuta analizzando l'orientamento principale dei rami di un minimum spanning tree costruito sui centri degli edifici. Questa area viene esaminata tracciando una serie di linee che dividono l'area lungo il suo lato maggiore in due parti; la retta che interseca il maggior numero di edifici determina la direzione del pattern.

Tale retta viene utilizzata per calcolare le posizioni in cui fare sorgere i centroidi su quali inserire l'edificio modello usato nella tipizzazione. Questi centri sono determinati tenendo conto che la tipizzazione ha l'obiettivo di ridurre il numero di edifici presenti all'interno del gruppo, per questo le nuove posizioni sono calcolate prendendo in considerazione la grandezza del modello e la distanza minima che deve esserci tra di essi.

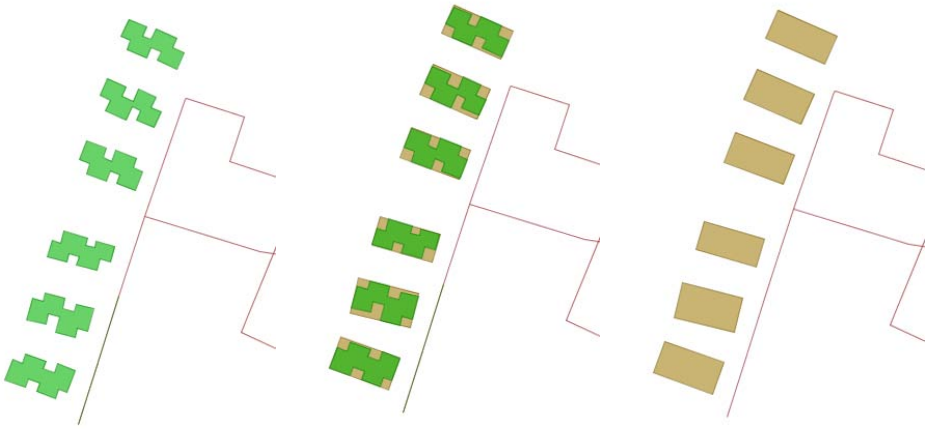


**Figura 4.2: esempio di pattern lineare generalizzato con la tipizzazione.**

Operando in questo modo si individuano solo i pattern lineari, per rilevare anche i pattern a griglia basta considerare l'area su cui sorge il gruppo omogeneo come una matrice e applicare la strategia citata sopra anche lungo la direzione ortogonale.

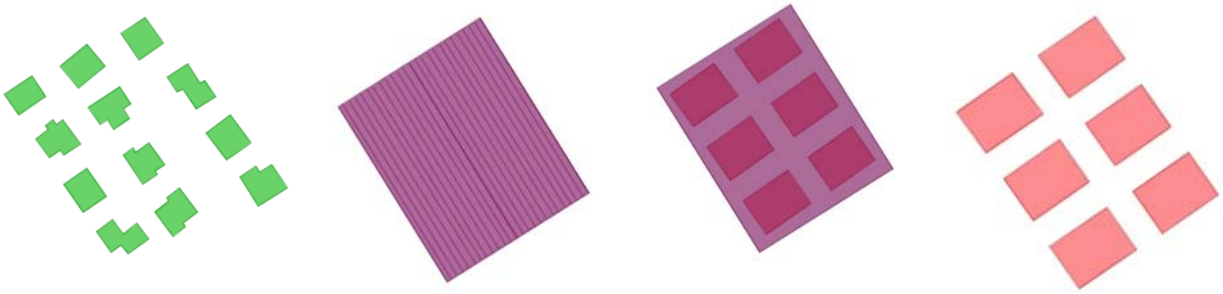


**Figura 4.3: esempio di pattern a griglia generalizzato mediante tipizzazione**

## 4.3 INDIVIDUAZIONE DEL MODELLO PER LA TIPIZZAZIONE

Il modello che viene utilizzato per ridurre il numero di edifici appartenenti al gruppo omogeneo, deve essere rappresentativo delle caratteristiche degli edifici che vengono

tipizzati, ma allo stesso tempo deve anche rispettare le specifiche imposte dall'IGM relativamente alla dimensione e distanza minima degli elementi.

La scelta del modello da utilizzare è quindi importante; l'approccio pensato seleziona, all'interno del gruppo omogeneo in cui è stato identificato il pattern, l'edificio con area minore e, modifica tale edificio nel caso in cui non rispetti i vincoli imposti dalle specifiche. Di seguito sono citati i casi trattati:

- Se l'edificio di area minima, preso dal gruppo omogeneo, ha area maggiore a 400 mq, allora esso non viene modificato e viene utilizzato come modello.
- Se l'edificio di area minima, preso dal gruppo omogeneo, ha area minore a 400 mq, allora esso viene controllato, ampliando tutte le parti strette che lo compongono. Se dopo avere compiuto questa operazione, l'edificio risulta avere ancora area minore a 400 mq, allora esso viene sostituito con uno stampino che può essere quadrato o rettangolare:
    - stampino quadrato: è poligono quadrato, di area 400 mq, con orientamento e centrato identici dell'edificio di partenza. Esso è utilizzato nel caso in cui il lato più lungo dell'edificio di partenza abbia lunghezza inferiore a 20 m.
    - stampino rettangolare: è poligono rettangolare, di area minima pari a 400 mq, con orientamento e centrato identici dell'edificio di partenza. Esso è utilizzato nel caso in cui il lato più lungo dell'edificio di partenza abbia lunghezza superiore a 20 m.

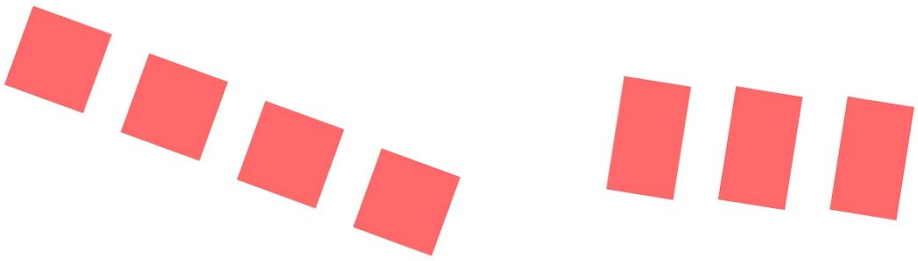


**Figura 4.4: a destra si vede un esempio in cui il modello è rappresentato da uno stampino quadrato; a sinistra si vede che il modello è rappresentato da uno stampino rettangolare.**

# 5 ALGORITMO PER EDIFICI DISPOSTI LUNGO LE STRADE

All'interno di una regione da generalizzare, molti edifici seguono un allineamento lungo le strade. Per individuare tali edifici è stato sviluppato un algoritmo che su ogni strada della maglia costruisce delle "fasce" mediante il calcolo di buffer. Procedendo in tal senso è possibile trattare tutti gli edifici che intersecano tale fascia e che sono quindi edifici disposti lungo le strade.

Con il calcolo della fascia lungo il bordo della maglia è possibile individuare una linea sulla quale vengono proiettati gli edifici disposti lungo le strade. La loro proiezione avviene con algoritmi diversi a seconda della grandezza dell'edificio stesso e del suo posizionamento. Attraverso la proiezione vengono individuate una serie di linee base da utilizzare per creare l'edificio generalizzato che viene rappresentato per mezzo di un nastro.

Le linee base subiscono una serie di modifiche differenti a seconda delle loro caratteristiche di forma. Spesso è difficile, nell'ambito della generalizzazione, determinare la forma delle geometrie, ma in questo caso, trattandosi di linee, esse vengono scomposte in segmenti i quali sono analizzati per decidere se mantenerli o eliminarli. Le linee base vengono anche semplificate al fine di ottimizzarle per costruire su di esse un buffer, il quale rappresenta il nastro e quindi l'edificio generalizzato vero e proprio.

Il nuovo edificio prodotto contiene l'elenco di tutti gli edifici che da esso sono stati generalizzati, oltre che una serie di parametri che consentono di stabilire la qualità della generalizzazione.

## 5.1 FASE 1: COSTRUZIONE DELLA FASCIA

Nel momento in cui viene individuata una maglia che contiene almeno una strada, significa che gli edifici di tale area possono essere disposti lungo la strada stessa. Per

generalizzare effettivamente solo gli edifici che si trovano lungo la strada e non quelli che sono disposti all'interno della maglia, è necessario individuarli mediante la creazione di una "fascia" lungo tutte le strade.

Per generare la fascia, viene costruito un buffer di diverse dimensioni sulle strade in quanto occorre individuare due categorie ben precise di edifici disposti lungo le strade. A tale proposito viene costruita una prima fascia, detta "fascia al margine", la quale va ad individuare tutti gli edifici che si trovano ad una distanza di circa 20 m dalla strada.

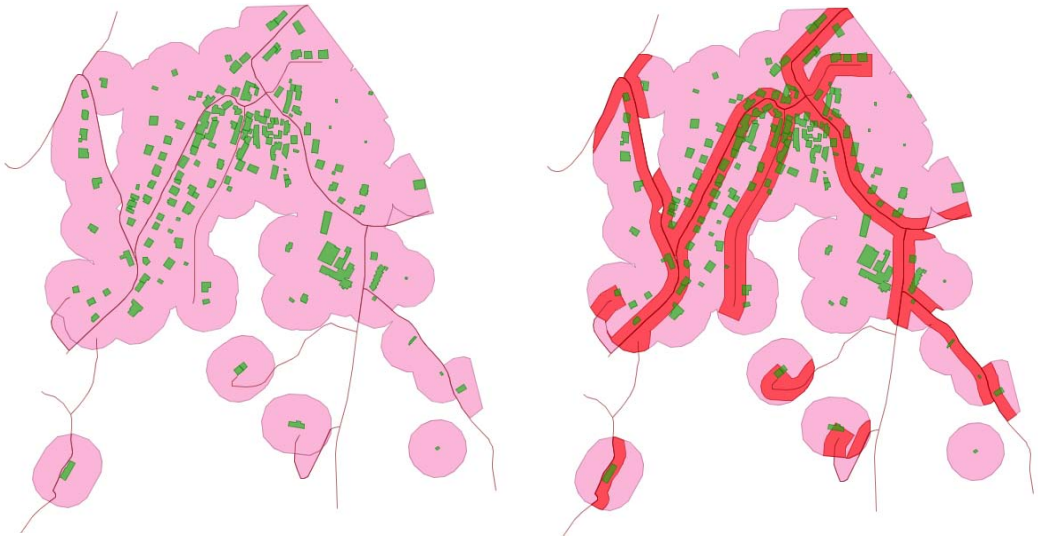


**Figura 5.1: nella prima figura si vedono le maglie su cui calcolare la fascia, mentre in rosso viene indicato la fascia al margine.**

Una seconda fascia, detta "fascia interna", viene invece calcolata con lo scopo di individuare quell'insieme di edifici che la intersecano e che rappresentano la parte di edificato che non si trova vicino alla strada, ma che deve comunque essere generalizzata come tale, in quanto tali edifici sono troppo vicini alla "fascia al margine" per non essere considerati come edifici disposti lungo le strade.

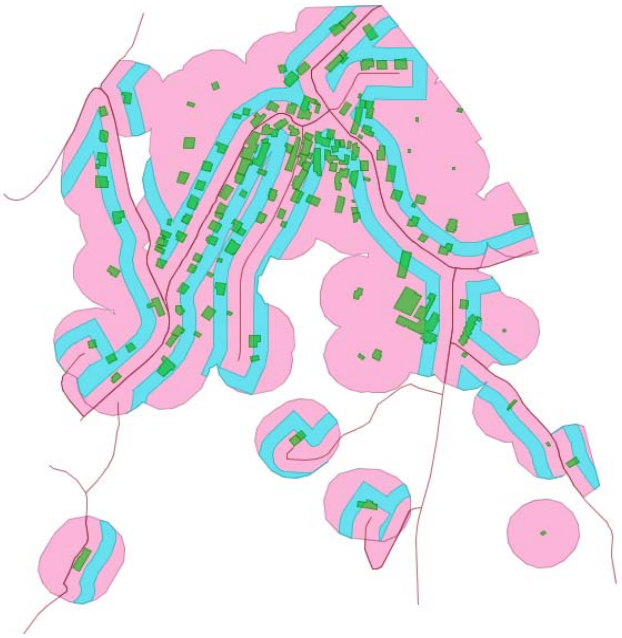


**Figura 5.2:in azzurro viene indicato la fascia interna.**

Operando in questo modo vengono individuate due categorie di edifici:

- gli edifici che intersecano la “fascia al margine”: sono quelli troppo vicini alle strade e che se non vengono spostati verso l’interno della faccia rischiano di essere coperti dalla strada stessa nel momento in cui quest’ultima viene generalizzata e quindi ingrandita;
- gli edifici che intersecano la “fascia interna”: sono quelli che non si trovano lungo le strade, ma che sono troppo vicini alla “fascia al margine” per non considerarli parte integrante di quest’ultima.

## 5.2 FASE 2: COSTRUZIONE DELLA LINEA DELLA MAGLIA

Sfruttando le fasce calcolate al punto precedente è possibile andare ad individuare una linea della maglia sulla quale andare a riportare gli edifici generalizzati, disposti lungo le strade. Tale linea deve avere una serie di caratteristiche fondamentali:

- non deve essere disposta troppo vicino alla strada, altrimenti lo stesso edificio generalizzato verrà coperto dalla strada nel momento in cui questa viene generalizzata;
- non deve essere troppo lontana dalla strada, altrimenti viene lasciato un margine eccessivo e l’edifico che originariamente era disposto lungo la strada

cambia la sua posizione venendo considerato, dopo la generalizzazione, come un edificio interno alla maglia.

Viste tali considerazioni, e sapendo di disporre di una “fascia al margine”, l’ideale è considerare come linea della maglia il bordo interno di tale fascia ( tralasciandone la parte che coincide con le strade stesse).

Per costruire nel migliore dei modi questa linea, è stata posta particolare attenzione nella trattazione dei dangles. All’estremità di ogni dangles, si può vedere anche dall’immagine riportata qui sotto, come la linea sia squadrata consentendo così di trattare in maniera ottimale anche gli edifici che si trovano a fine strada. Se tale modifica non fosse stata eseguita la linea, costruita su un buffer tondo, non avrebbe generalizzato correttamente gli edifici fondo strada, producendo forme non corrispondenti con la forma reale dell’edificio.

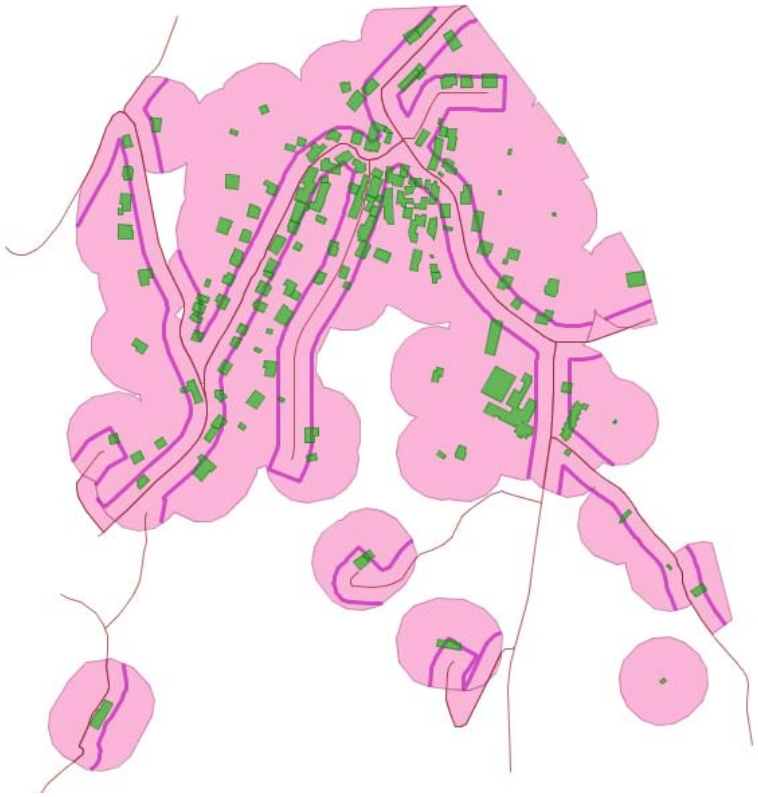


**Figura 5.3 :le linee rosa ben marcate rappresentano la linea della maglia. Osservando l'estremità dei dangles si vede che la linea è squadrata.**

## 5.3 FASE 3 : CLASSIFICAZIONE DEGLI EDIFICI

Una volta trovate le fasce la linea relativa alla maglia, occorre classificare gli edifici appartenenti all'area in categorie differenti:

- se un edificio non interseca nessuna delle due fasce, oppure interseca in minima parte la "fascia interna", significa che esso è un edificio interno alla maglia e che quindi non può essere generalizzato come edificio disposto lungo le strade. Per tali tipologie di edifici viene sviluppato un algoritmo alternativo;
- se un edificio interseca una delle due fasce, occorre esaminare la sua area, in quanto edifici estesi (con area superiore ai 1000 mq), anche se disposti lungo le strade, non possono essere generalizzati allo stesso modo di quelli che hanno un'estensione minima. Tali edifici molti ampi non possono essere accorpati con altri più piccoli e spesso devono mantenere la loro forma caratteristica;
- se un edificio interseca una delle due fasce e ha un'area inferiore alla soglia stabilita in 1000 mq, allora esso può effettivamente essere generalizzato come edificio disposto lungo le strade.

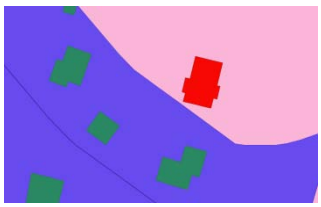


**Figura 5.4: in rosso è evidenziato un edificio interno alla maglia, che non interseca nessuna fascia.**

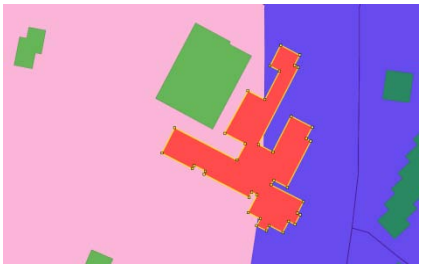


**Figura 5.5: in rosso è evidenziato l'edificio che interseca la fascia, ma che ha area superiore ai 1000 mq.**

Dopo aver ottenuto l'insieme degli edifici che intersecano le fasce, è necessario effettuare un'ulteriore classificazione di quest'ultimi a seconda che intersechino o meno la linea della maglia. Tale distinzione è utile al fine di capire in quale modo andare a calcolare la proiezione dell'edificio sulla linea stessa. Se l'edificio è situato già sulla linea della maglia, basta determinare la porzione di linea che esso occupa;

nel caso in cui invece l'edificio sia solamente coperto da una delle due fasce allora il calcolo della proiezione diventa più complesso.
I casi in cui l'edificio interseca in minima parte la linea della maglia, vengono trattati come se l'edificio fosse esclusivamente coperto da una delle due fasce.

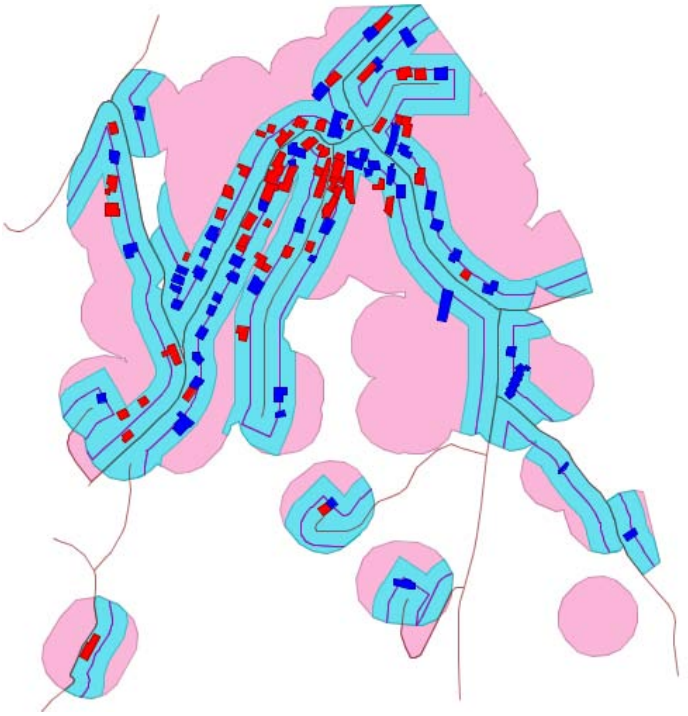


**Figura 5.6: in rosso sono rappresentati gli edifici che non intersecano la linea della maglia mentre in blu si evidenziano quelli che la intersecano.**

## 5.4 FASE 4: CALCOLO DELLE PROIEZIONI E GENERAZIONE DEGLI STAMPINI

Trovati gli edifici che sono disposti lungo la strada, è necessario proiettarli sulla linea della maglia. Tale proiezione avviene con modalità diverse a seconda dell'area dell'edificio e del fatto che l'edificio intersechi o meno la linea della maglia. Sui punti di proiezione dell'edificio vengono generati degli stampini, essi non sono altro che dei semplici poligoni a forma di quadrato che hanno area pari a 400 mq, come indicato dalle specifiche IGM relativamente all'area che gli edifici generalizzati devono avere per essere visibili nella scala di destinazione. Tali stampini hanno inoltre la caratteristica di essere tutti orientati verso la strada, come dovrà risultare anche l'edificato generalizzato

Si illustrano di seguito le tre modalità di proiezione degli edifici sulla linea della maglia:

- nel caso in cui l'edificio non interseca la linea della maglia ed è piccolo (cioè ha area inferiore a 400 mq): il centro dell'edificio viene proiettato sulla linea della maglia. Il punto individuato rappresenta il centro sul quale generare lo stampino;

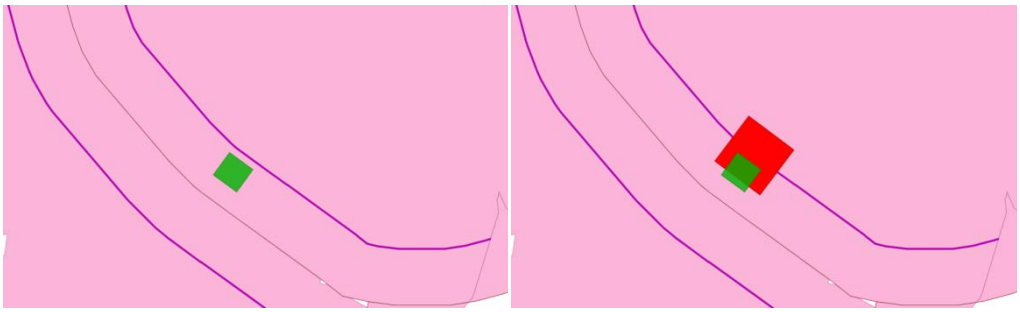


**Figura 5.7: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è indicato lo stampino generato sulla proiezione del centroide dell'edficio di partenza.**

- nel caso in cui l'edifico non interseca la linea della maglia ed è grande (cioè con area superiore a 400 mq), allora si procede:
    - alla costruzione di un MBR orientato sull'edificio stesso;
    - alla ricerca del lato più lungo dell'MBR passante per il punto medio dei due lati più corti dell'MBR;
    - alla costruzione di un buffer su tale lato, al fine di trovare la parte di linea della maglia che interseca il buffer stesso;
    - su tale segmento di linea della maglia, vengono individuati una serie di punti equidistanti sui quali generare gli stampini.

**Figura 5.8: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è rappresentata la serie di stampini che selezionano una parte della linea della maglia.**

- nel caso in cui l'edificio interseca la linea della maglia ed è grande(cioè con area superiore a 400 mq), allora si procede come al punto precedente.

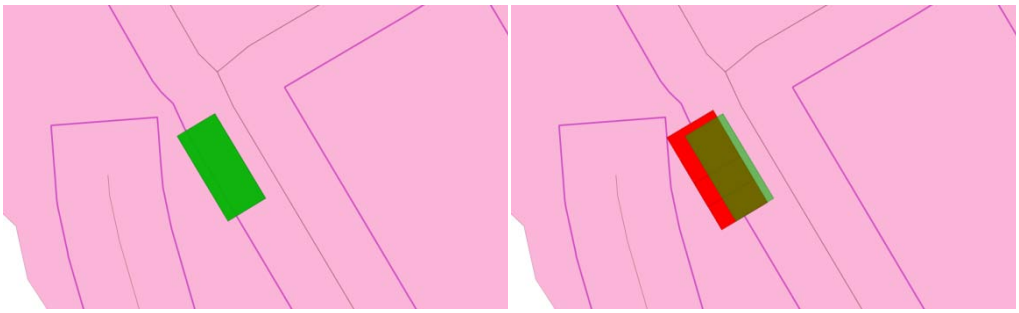


**Figura 5.9: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è rappresentata la serie di stampini che selezionano una parte della linea della maglia.**

- nel caso in cui l'edificio interseca la linea della maglia ed è piccolo (cioè ha area inferiore a 400 mq), allora si procede
    - calcolando i punti di intersezione tra la linea della maglia e il bordo dell'edificio;
    - calcolando il punto medio rispetto a questi due punti appena trovati. Il punto individuato rappresenta il centro sul quale generare lo stampino.

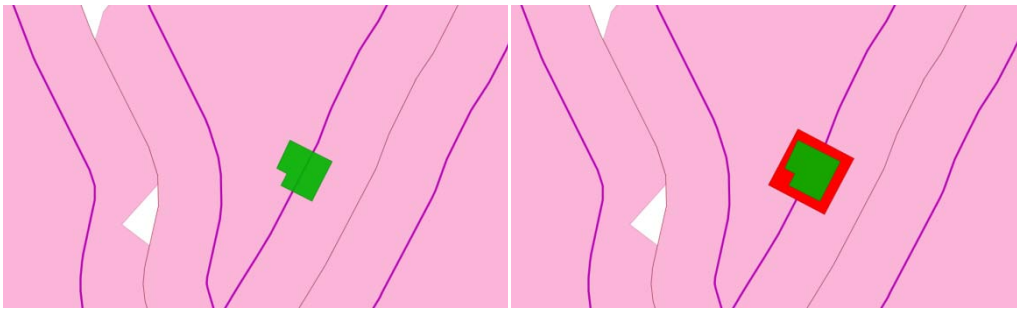


**Figura 5.10: a sinistra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a destra è rappresentato lo stampino generato sul punto medio dell'edificio di partenza.**

## 5.5 FASE 5: INDIVIDUAZIONE DELLA LINEA BASE

Una prima idea per costruire l'edificio generalizzato è stata quella di unire tra loro i vari stampini. In realtà l'idea non si è dimostrata buona, in quanto l'unione di geometrie è un'operazione di elevata complessità computazionale che richiede un notevole dispendio di tempo. A tale proposito quindi si è pensato di agire direttamente sulle linee, che essendo geometrie più semplici rispetto ad un poligono, richiedono tempi di elaborazione molto inferiori.

Per linea base, s'intende ogni singola parte della linea della maglia che viene intersecata dagli stampini. Tale linea, come viene spiegato più avanti, subisce una serie di modifiche per diventare la base su cui costruire l'edificio generalizzato.

Per determinare tale linea base è necessario individuare tutti i segmenti di intersezione tra la linea della maglia e gli stampini. Questa operazione non è sufficiente a raggiungere lo scopo prefissato, in quanto le specifiche dell'IGM stabiliscono che nella scala obiettivo, ogni edificio deve essere lontano dagli altri almeno 11 m. Fino ad ora tale vincolo non è stato preso in considerazione e quindi gli stampini creati possono essere a distanza di molto inferiore agli 11 m.

Per risolvere il problema legato alla distanza degli edifici, si agisce controllando se due segmenti (il segmento è l'intersezione tra la linea della maglia e lo stampino) sono troppo vicini Nel caso in cui la distanza sia inferiore a 11 m, allora si procede con l'unione dei due segmenti. Operando in questo modo è possibile trovare le varie linee base su cui costruire il nastro che rappresenta l'edificio generalizzato, in quanto

procedendo in tal senso viene garantito il soddisfacimento del vincolo di distanza tra gli edifici imposto dalla specifiche dell'IGM.

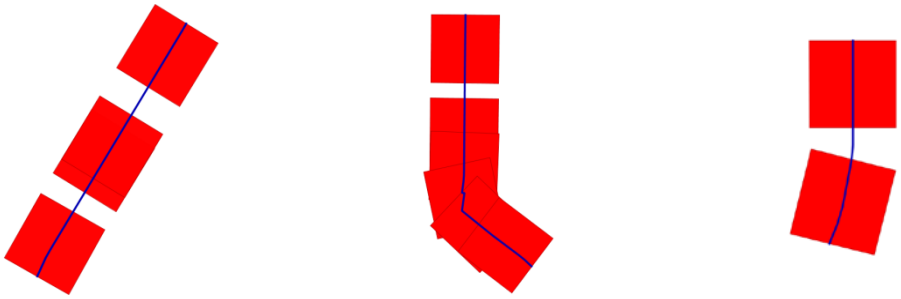


**Figura 5.11: vengono illustrati alcuni casi in cui gli stampini hanno una distanza inferiore a 11 m. Si vede che i vari segmenti vengono uniti creando un'unica linea base.**

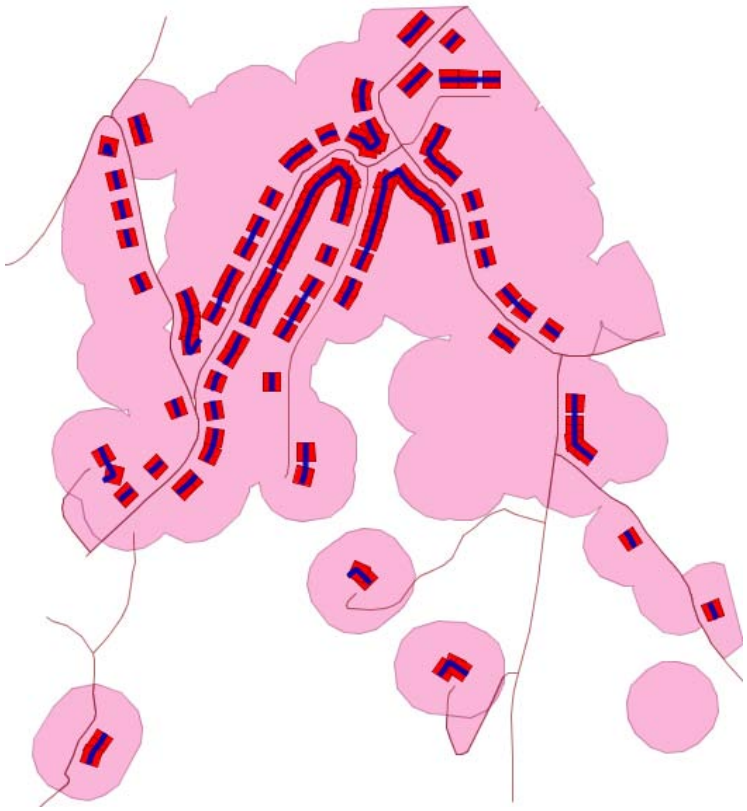


**Figura 5.12: in rosso vengono indicati gli stampini e in blu sono rappresentate varie linee base.**

## 5.6 FASE 6: MIGLIORAMENTO DELLA LINEA BASE

Decidendo di lavorare direttamente con le linee, e non con poligoni come gli stampini, si ha la possibilità di attuare una serie di modifiche per migliorare la linea base. Essa infatti spesso presenta un andamento non adatto per la costruzione di un nastro, in quanto questo può assumere forme spigolose e quindi non adatte a rappresentare un edificio generalizzato. Secondo quanto indicato dalle specifiche IGM, gli elementi della mappa devono essere schematizzati mediante la riduzione delle sinuosità, di sporgenze e di rientranze e tale obbiettivo può essere raggiunto solo attraverso l'esame di ogni linea base e il miglioramento della sua forma.

Di seguito viene riportato in figura, un esempio che mostra il netto miglioramento della forma del nastro dopo l'analisi della linea base.

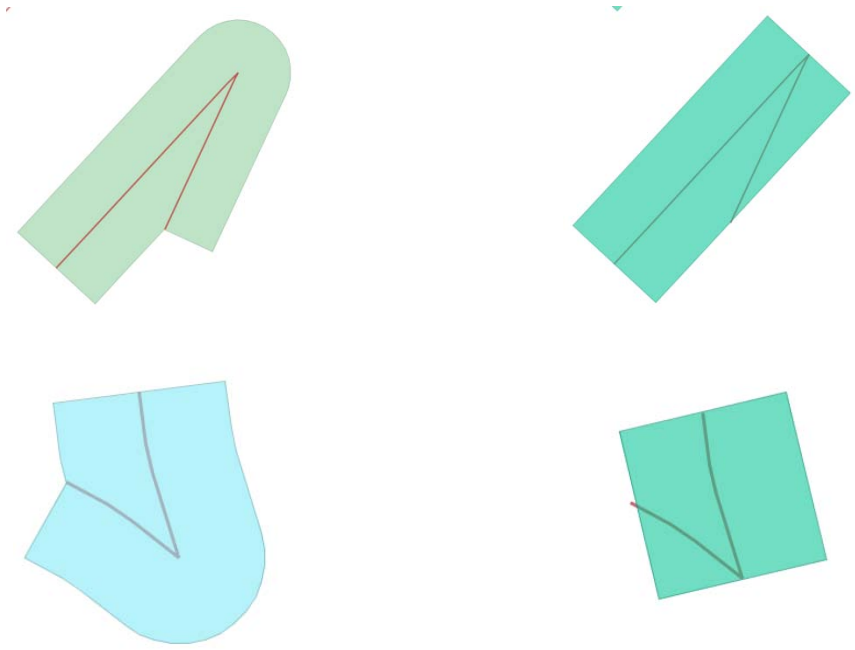


**Figura 5.13: a destra si vedono due esempi di nastri costruiti senza applicare un miglioramento delle linee basa. A sinistra invece vengono mostrati gli stessi nastri, dopo che la linea base è stata migliorata.**

Nella classificazione adottata per l'analisi delle linee base, vengono individuate principalmente tre categorie:

- linee chiuse;

- linee senza angoli alfa;
- linee con angoli alfa.

Per angolo alfa s'intende ogni angolo della linea base che ha ampiezza inferiore a 100°. La distinzione tra linee senza e con angoli alfa è molto importante, in quanto una linea che non è chiusa, potrebbe avere comunque la tendenza a chiudesi su sé stessa. Nel momento in cui una linea non viene classificata come chiusa, occorre quindi controllare tutti i suoi angoli, andando ad esaminare le coordinate che la compongono. Ogni terna di coordinate della linea può potenzialmente creare un angolo alfa e in tal caso bisogna tenerne traccia. Per ogni linea base quindi viene indicato sia il numero di angoli alfa, sia le coordinate della linea in cui tale angolo è presente. Tenendo traccia di questi dati è possibile modificare più facilmente la linea stessa al fine di migliorarla.

### 5.6.1 LINEE CHIUSE

Per linea chiusa s'intende la linea in cui il punto di inizio coincide con il punto di fine. In questi casi in genere la linea rimane inalterata perché si chiude su sé stessa e questo significa che all'interno della maglia ci sono molti edifici disposti omogeneamente lungo le strade a distanza inferiore agli 11 m l'uno dall'altro. Se esistesse un qualunque edificio lontano più di 11 m dagli altri questo implicherebbe la non chiusura della linea.

Alcune linee chiuse hanno però la particolarità di appartenere a maglie molto piccole. Questo fa si che la linea si vada a chiudere su sé stessa troppo presto, creando una geometria di area minima. In questo caso si è deciso di intervenire al fine di modificare la linea, non più adatta per rappresentare la base su cui costruire l'edificio generalizzato.

Dopo essersi accertati che l'area della geometria prodotta dalla linea chiusa è troppo piccola per produrre un buon edificio generalizzato, si procede con il calcolo di un minimum boundary rectangle sulla linea stessa. Dopo aver individuato il lato più lungo e quello più corto dell'MBR viene calcolato il lato maggiore passante per i punti medi dei lati più corti dell'MBR. Tale lato va a sostituire al linea chiusa e diventa la linea base definitiva sulla quale costruire l'edificio generalizzato.

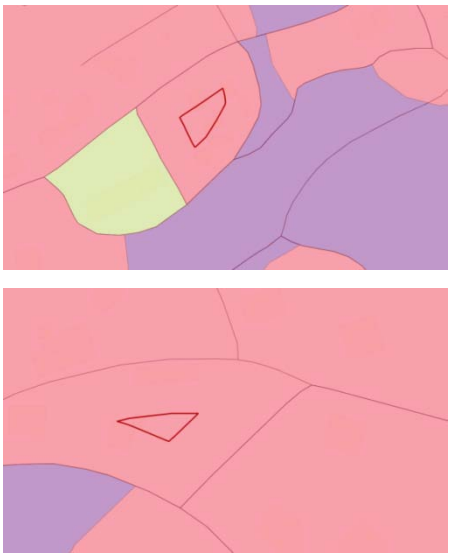


**Figura 5.14: Linea chiusa prima della modifica.**

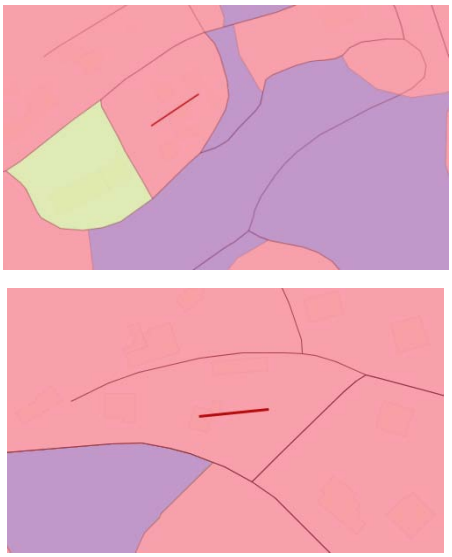


**Figura 5.15: Linea chiusa dopo la modifica.**

### 5.6.2 LINEE SENZA ANGOLI ALFA

Alcune linee non hanno nessun angolo alfa, questo significa che esse non si chiudono su sé stesse. Evitato il problema di chiusura, non è detto però che la forma della linea sia adatta alla costruzione dell'edificio generalizzato.

La linea base senza angoli potrebbe infatti essere molto corta e gli estremi della linea potrebbero essere molto vicini tra loro. In questo caso si rende necessario apportare una modifica alla linea in modo analogo a quanto fatto per la linea chiusa. Occorre quindi calcolare l'MBR e trovare il lato maggiore che passa per i punti medi dei lati più corti dell'MBR stesso. Tale lato rappresenta la nuova linea base modificata. In tutti gli altri casi la linea senza angoli viene mantenuta inalterata.

**Figura 5.16: linea senza angoli, con estremi vicini prima della modifica.**

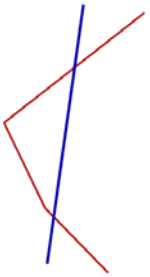


**Figura 5.17:in blu è rappresentata la linea dopo la modifica.**

### 5.6.3 LINEE CON ANGOLI ALFA

Le linee che hanno degli angoli alfa, vengono esaminate in modo diverso a seconda del numero di angoli rilevati. L'individuazione degli angoli è di fondamentale importanza al fine di riuscire a suddividere la linea base in più segmenti e analizzare ognuno di questi separatamente. In generalizzazione è difficile andare a migliorare le forme di una geometria, ma sfruttando questo metodo si riesce a determinare la forma della linea e ad intervenire. Importante è il fatto che l'analisi avviene direttamente sulle linee e non su poligoni, quindi lo sforzo computazionale richiesto è notevolmente inferiore, comportando anche una riduzione dei tempi di esecuzione dell'algoritmo.

Le linee vengono quindi classificate a seconda che abbiano:

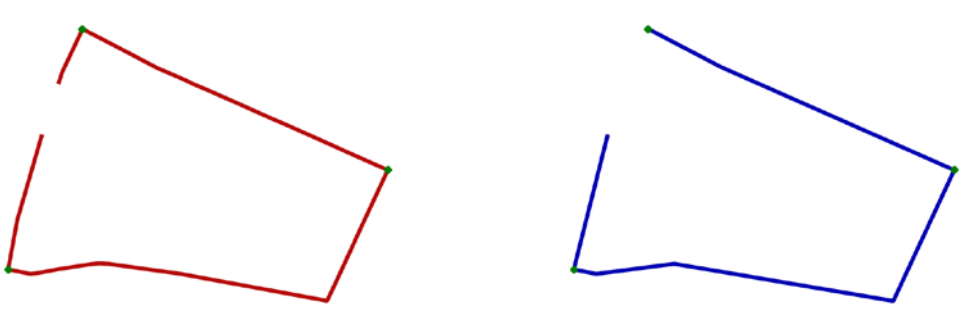
- più di due angoli alfa;
- due angoli alfa;
- un solo angolo alfa.

#### LINEE CON PIÙ DI DUE ANGOLI ALFA

Le linee che hanno più di due angoli presentano principalmente dei problemi legati alle loro estremità quindi si va ad esaminare la lunghezza dei segmenti finali della linea base. Tali segmenti sono quelli compresi:

- tra il punto iniziale e il primo angolo della linea;
- tra l'ultimo angolo e il punto finale della linea.

Se questi segmenti sono troppo corti (la lunghezza minima è impostata a 20 m) devono essere eliminati, in quanto tale parte di linea non è significativa per la creazione dell'edificio generalizzato, anzi contribuisce solamente al peggioramento della forma dell'edificio finale.



**CASO 1:** In questo caso uno solo dei due segmenti estremi è minore della lunghezza minima e quindi una sola estremità della linea base viene eliminata.

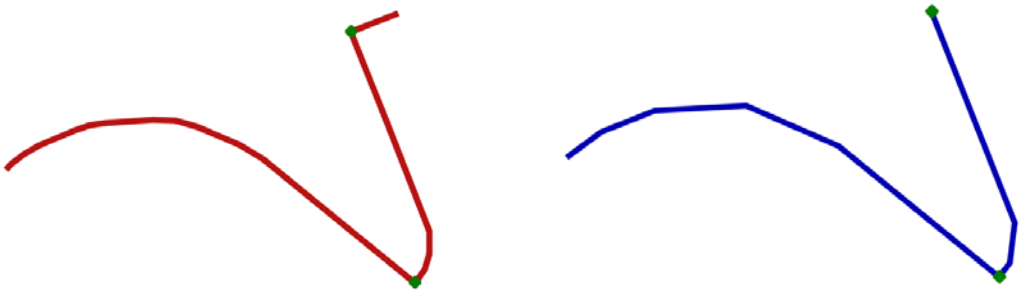
**CASO 2:** In questo caso segmenti entrambi i segmenti estremi hanno lunghezza minore della soglia minima e quindi entrambe le estremità della linea base vengono eliminate.

**CASO 3:** In questo caso nessuna delle estremità della linea base viene eliminata, in quanto entrambi i segmenti hanno lunghezza maggiore alla soglia minima.

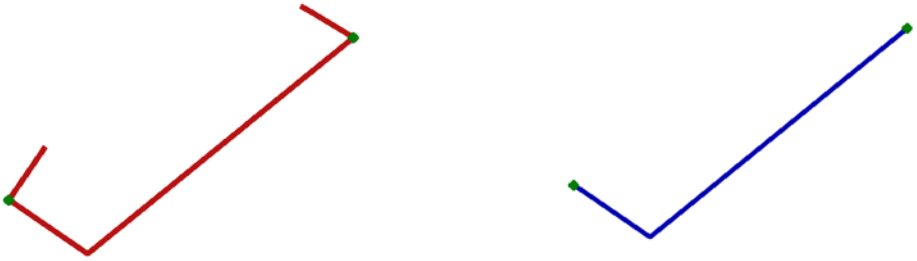
**LINEE CON DUE ANGOLI ALFA**

Nel caso in cui la linea base presenti due angoli alfa, è importante andare ad esaminare non solo la lunghezza dei segmenti estremi, ma anche la distanza tra i due angoli individuati. Agendo in questo modo si riesce a capire qual è la forma della linea e ad agire di conseguenza.

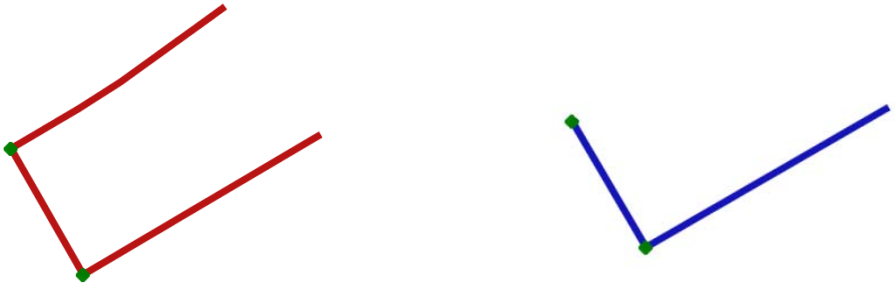
Di seguito viene riportata una tabella con tutti i casi che sono trattati. La soglia, usata per determinare se un segmento che compone la linea è troppo corto, è stata impostata a 20 m. Anche la distanza tra gli angoli utilizza la stessa soglia per stabilire se essi sono vicini oppure lontani.



**CASO 1:** In questo caso i due angoli trovati distano più della soglia stabilita, ma uno dei due estremi della linea ha lunghezza inferiore alla soglia. In questo caso il segmento estremo più corto viene eliminato dalla linea.

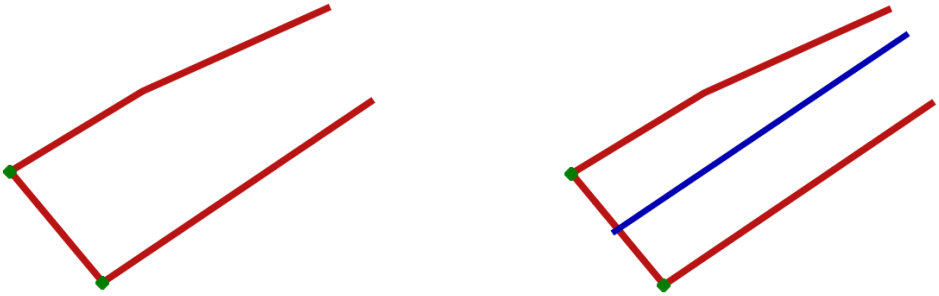


**CASO 2:** In questo caso i due angoli trovati distano più della soglia stabilita, ma entrambi gli estremi della linea hanno lunghezza inferiore della soglia. In questo caso i segmenti estremi vengono eliminati entrambi dalla linea.



**CASO 3:** In questo caso i due angoli trovati hanno distanza inferiore alla soglia minima, come anche entrambi i segmenti estremi. A questo punto non resta altro che eliminare il segmento più corto scelto tra i due segmenti estremi. Eliminando un segmento estremo anche un angolo scompare e quindi la linea si riduce ad avere un unico angolo, perciò essa verrà elaborata nuovamente se rientra tra i casi con cui vengono gestite le linee con un solo angolo.

**CASO 4:** In questo caso i due angoli trovati distano meno della soglia e uno solo dei segmenti estremi ha lunghezza minore della soglia. Tale segmento viene eliminato e di conseguenza anche l'angolo ad esso associato, perciò la linea verrà elaborata nuovamente se rientra tra i casi con cui vengono gestite le linee con un solo angolo.



**CASO 5:** In questo caso i due angoli trovati distano meno della soglia stabilita, ma entrambi gli estremi della linea hanno lunghezza superiore alla soglia. I segmenti estremi non possono perciò essere eliminati perché altrimenti la linea perde delle componenti troppo importanti. Per tale ragione si deve effettuare un ulteriore controllo sul punto iniziale e finale della linea base; se tali punti sono troppo vicini, allora la linea ha tendenza ad assomigliare ad una linea chiusa. Per migliorarla occorre costruire un MBR e trovare il lato più lungo passante per i punti medi dei suoi lati più corti. Tale operazione è consentita solo perché i due angoli non sono molto lontani tra di loro, in caso contrario l'MBR non riuscirebbe ad approssimare bene la linea di base originaria.

Nel caso in cui gli estremi sono lontani invece si lascia la linea inalterata.

**CASO 6:** In questo caso i due angoli trovati distano più della soglia stabilita e anche entrambi i segmenti estremi hanno lunghezza superiore alla soglia. In questo caso

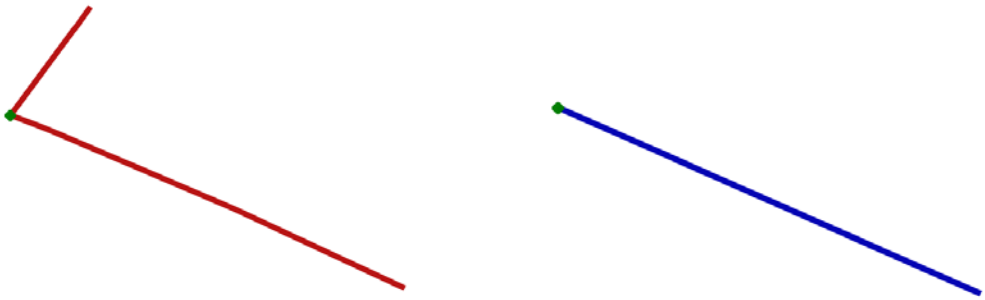
quindi si deve effettuare un ulteriore controllo sul punto iniziale e finale della linea base, ma essendo anche questi ultimi lontani, la linea non viene modificata, ma resta invariata.

**LINEE CON UN SOLO ANGOLO ALFA**

Nel caso in cui la linea base presenti un solo angolo alfa ,essa può derivare sia da un'elaborazione delle linee con due angoli alfa, in quanto ridotta, sia da una linea che viene generata automaticamente con un solo angolo alfa.

In questi casi la linea base viene quindi divisa in due segmenti in base al punto in cui si trova l'angolo alfa. Occorre perciò esaminare la lunghezza dei segmenti nel seguente modo:

**CASO 1:** In questo caso i segmenti sono entrambi di lunghezza inferiore alla soglia minima e quindi andrebbero eliminati entrambi. In realtà si è scelto di eliminare solo il segmento più corto in quanto la linea non può non essere considerata. Operando in questo modo la linea non viene tralasciata ma viene migliorata.



**CASO 2:** In questo caso un solo segmento è di lunghezza inferiore alla soglia minima e quindi esso viene eliminato.

**CASO 3:** In questo caso i segmenti hanno entrambi di lunghezza superiore alla soglia minima e quindi entrambi andrebbero mantenuti inalterati. In realtà l'estremo del segmento più corto può non rispettare la soglia di distanza minima dal segmento più lungo. In questo caso è quindi bene intervenire eliminando il segmento più corto, in quanto questo viene comunque ben approssimato dal segmento più lungo e garantisce una forma migliore per l'edificio generalizzato da costruire sulla linea base.

**CASO 4:** In questo caso i segmenti hanno entrambi di lunghezza superiore alla soglia minima e quindi entrambi andrebbero mantenuti inalterati. In realtà gli estremi della linea base sono molto vicini, in quanto la loro distanza è inferiore alla soglia minima e quindi si procede mediante il calcolo di un MBR e del suo lato più lungo passante per i punti medi dei suoi lati più corti. Tale lato va a sostituire la linea base.

## 5.7 FASE 7 : COSTRUZIONE DEI NASTRI

La ricerca della linea base e il suo miglioramento è il punto cardine per poter costruire gli edifici generalizzati che sono disposti lungo le strade. Per tale motivo le linee subiscono anche una semplificazione mediante l'applicazione dell'algoritmo Douglas Peucker (DP) anche se con l'uso di una soglia piuttosto bassa (1 m). Gli edifici generalizzati vengono infatti costruiti mediante la generazione di un nastro attraverso il calcolo un buffer su ognuna delle linee base trovate al punto precedente. Questo spiega il motivo per cui ogni linea viene studiata minuziosamente, migliorata e semplificata. Grazie all'utilizzo ti tali linee base disposte lungo le strade, si ha

anche che nastri risultano orientati lungo la strada stessa come richiesto dalla specifiche IGM.

**Figura 5.18: Risultato ottenuto generando i nastri sulle linee base.**

È stato tralasciato volontariamente il caso in cui la linea sulla quale costruire il nastro sia troppo corta. In questo caso il nastro, rappresentante l'edificio generalizzato, che viene prodotto ha un'area inferiore a quanto richiesto dalle specifiche IGM. Per risolvere questo problema si è pensato allora di creare uno stampino sul centro della linea base se questa ha lunghezza inferiore alla soglia minima. Lo stampino, che è rappresentato da un poligono con forma di quadrato, garantisce, con il suo lato minino, che l'edificio generalizzato abbia area almeno pari a 400 mq.

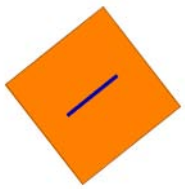


**Figura 5.19 esempio di linea base troppo corta per rappresentare un edificio generalizzato con area di almeno 400 mq.**

Ogni nastro rappresenta una serie di edifici di partenza che vengono in esso conglobati, per tale ragione il nastro contiene una lista di tutti edifici che esso rappresenta. A tale proposito sono stati calcolati una serie di parametri che confrontano l'area nastro con l'area occupata dagli edifici originali, in questo modo si è in grado di capire se effettivamente la generalizzazione viene eseguita correttamente.

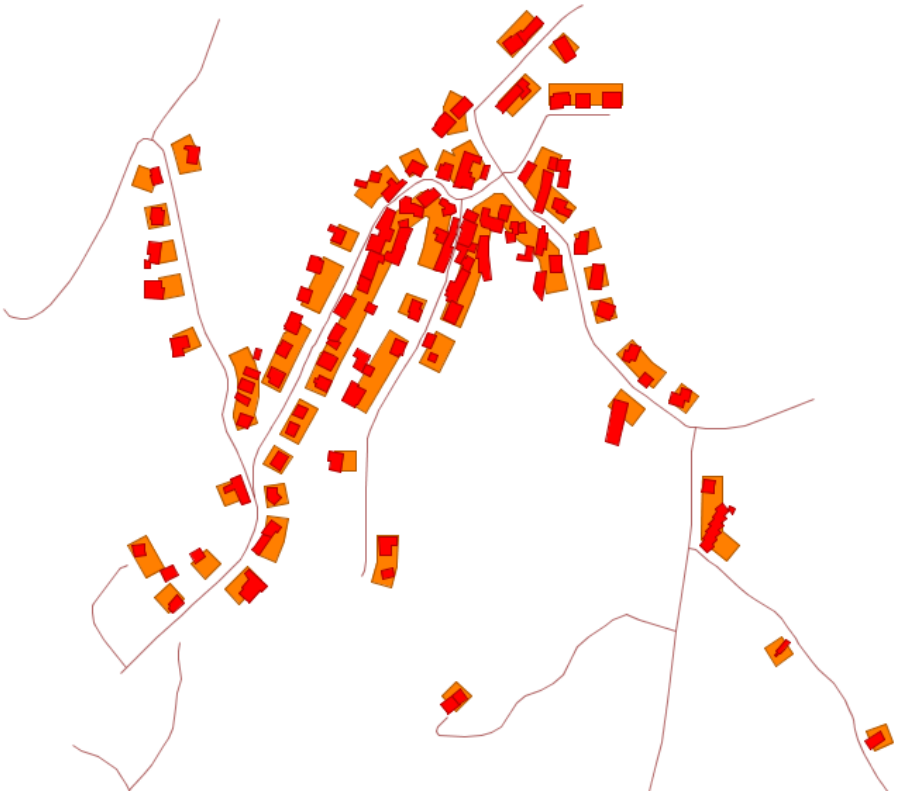


**Figura 5.20: In rosso sono indicati gli edifici di partenza e in arancio vengono indicati i nastri che li generalizzano.**

# 6 ALGORITMO PER EDIFICI CHE NON SEGUONO PATTERN

Per ogni maglia, dopo aver individuato i gruppi di edifici che seguono il pattern lineare, il pattern a griglia e il pattern di allineamento lungo le strade, non resta altro che esaminare gli edifici, principalmente disposti all'interno della maglia, che non seguono questi pattern.

L'algoritmo che gestisce i pattern non strutturati esegue un processo di miglioramento della forma dell'edificio, semplificandola mediante la riduzione di sinuosità, di sporgenze e di rientranze, secondo quanto indicato dalle specifiche IGM, e aumentandone la dimensione fino ad avere un area minima di 400 mq.

## 6.1 MIGLIORAMENTO DI EDIFICI CHE SEGUONO UN PATTERN

La prima operazione che viene compiuta sugli edifici che non seguono nessun pattern, è quella di un miglioramento della forma e un ampliamento della dimensione. A tale proposito gli edifici che non sono ancora stati generalizzati dai due algoritmi visti nei capitoli precedenti (algoritmo per le griglie e algoritmo per i nastri), vengono classificati in base alla loro area:

- **edifici piccoli**: sono quelli con area minore a 400 mq;
- **edifici grandi**: sono quelli con area compresa tra i 400 mq e i 1000 mq;
- **edifici extralarge**: sono quelli con area maggiore a 1000 mq.

Per ogni **edificio piccolo** viene calcolato un minimun boundary rectangle, in modo da poter determinare se il lato più lungo di quest'ultimo sia maggiore a 20 m. Questa operazione si esegue in quanto un edificio piccolo, il cui lato maggiore ha lunghezza inferiore a 20 m, viene generalizzato sostituendolo con uno stampino quadrato ( lo stampino è un quadrato di area pari a 400 mq ), che ha origine sul centro dell'edificio stesso ed è orientato come l'edificio di partenza.

**Figura 6.1: esempio di generalizzazione di un edificio piccolo con lato maggiore di lunghezza inferiore a 20 m.**

Nel caso in cui invece l'edificio sia piccolo, ma il suo lato maggiore è più lungo di 20 m, allora tale edificio non può più essere approssimato da un semplice stampino quadrato, ma occorre utilizzare uno stampino rettangolare. Esso non è altro che un rettangolo che ha lato maggiore, pari alla lunghezza del lato più lungo dell'edificio di partenza, mentre il lato minore ha dimensione 20 m. Operando in questo modo si riesce ad approssimare nei migliori dei modi l'edificio di partenza, semplificandolo e garantendo che la sua area sia maggiore a 400 mq.

**Figura 6.2: esempio di generalizzazione di un edificio piccolo con lato maggiore di lunghezza superiore a 20 m.**

Nel trattamento degli edifici grandi si procede con l'applicazione dell'algoritmo di Sester (Sester, 2000), secondo il quale, durante la semplificazione degli edifici occorre conservare gli angoli retti, la collinearità e il parallelismo. Tali caratteristiche infatti devono essere mantenute e rimarcate , in modo da dare all'osservatore l'impressione di vedere un edificio caratteristico.

**Figura 6.3: esempio di generalizzazione di un edificio grande.**

Infine, per gli **edifici extralarge**, è stato introdotto un nuovo algoritmo che consente di semplificarne la forma, eliminando le sporgenze e le rientranze troppo strette che non sono contemplate dalla specifiche IGM. Dato l'edificio di partenza, al fine di eliminare tutte le parti troppo strette che lo compongono, viene applicato un buffer negativo pari a -5 m. L'edificio risultante viene bufferizzato ulteriormente calcolando questa volta un buffer positivo di dimensione pari a 10 m in modo tale da eliminare tutte quelle rientranze presenti nell'edificio originario. Per riportare l'edificio alle sue dimensioni originali, si procede infine con l'applicazione di un ultimo buffer negativo di -5 m e all'applicazione dell'algoritmo di Sester come avviene per gli edifici grandi.

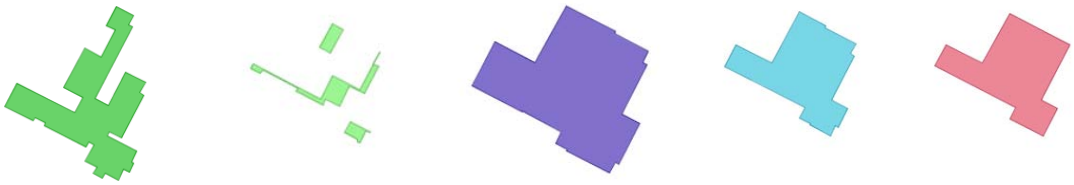


**Figura 6.4: esempio di generalizzazione di un edificio extralarge, con l'indicazione del risultato di ogni passo dell'algoritmo.**

# 7 GESTIONE DEI CONFLITTI

Una volta generalizzati tutti gli edifici, è necessario attuare una politica di gestione dei conflitti, in quanto gli edifici ottenuti dai vari algoritmi possono non rispettare la distanza minima (11 m) imposta dalle specifiche IGM. Questa fase è una delle più significative in un processo di generalizzazione, infatti non è corretto adottare una politica di gestione dei conflitti che elimini troppi edifici, andando a diminuire la densità dell'edificato generalizzato rispetto a quello di partenza; d'altro canto non è giusto neanche mantenere edifici troppo vicini tra di loro o addirittura che si intersecano.

Possono presentarsi casi diversi in cui:

- gli edifici appartenenti a griglie o a pattern lineari possono essere in conflitto con altre griglie o pattern lineari;
- i nastri possono essere in conflitto con griglie o con altri nastri;
- gli edifici extralarge possono essere in conflitto con griglie, con nastri o con altri edifici extralarge;
- gli edifici grandi possono essere in conflitto con griglie, nastri, edifici extralarge, edifici grandi;
- gli edifici piccoli possono essere in conflitto con griglie, nastri, edifici extralarge, edifici grandi, edifici piccoli.

Ognuna di queste categorie di conflitti è stata gestita mediante un attento studio di tutte le varie casistiche possibili, cercando di attuare un intervento di riduzione / eliminazione dell'edificio meno importante.

Di seguito segue uno schema che rappresenta il processo di gestione dei conflitti.

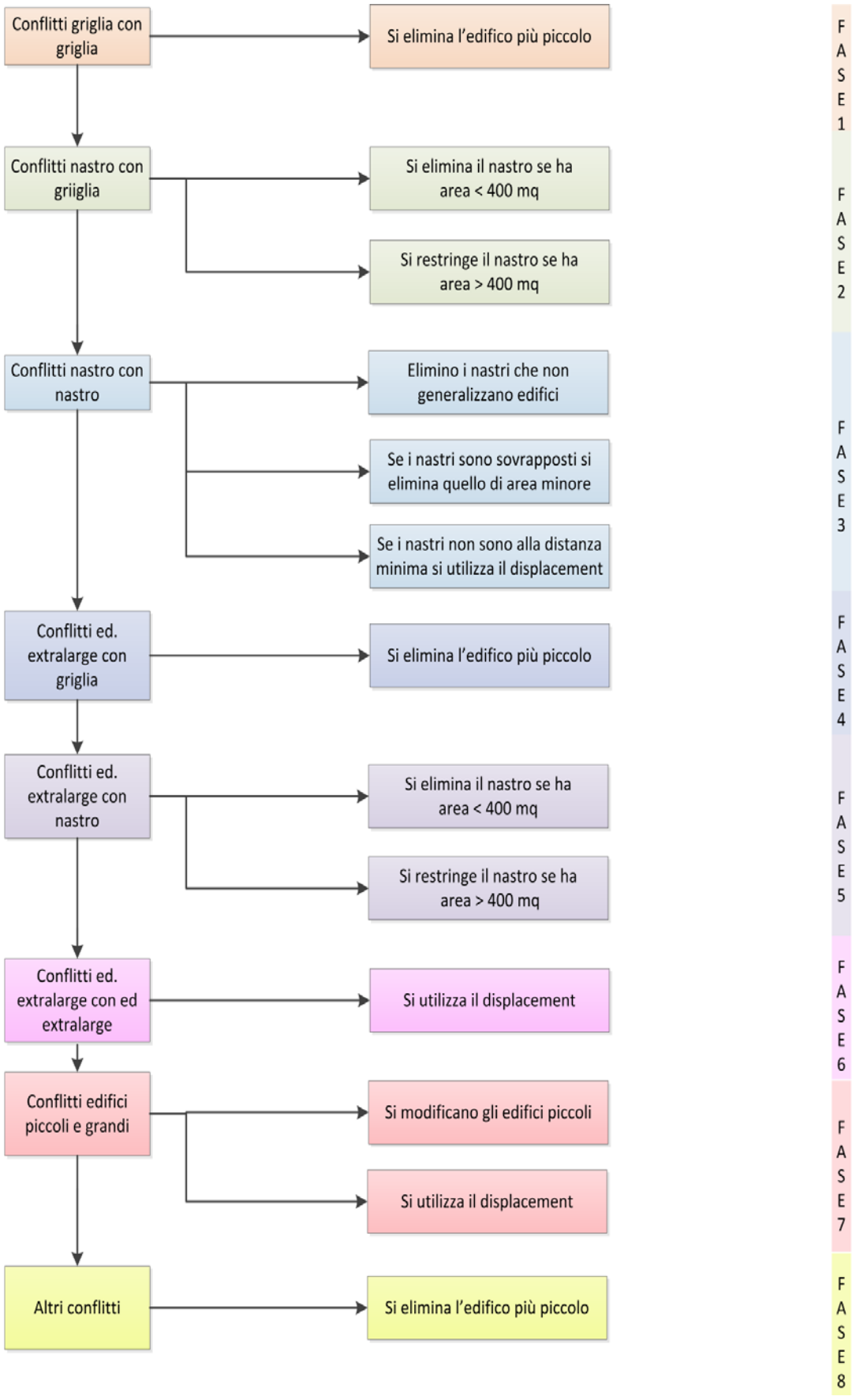



**Figura 7.1:schema riassuntivo relativo alla gestione dei conflitti.**

## 7.1 CONFLITTI TRA GRIGLIE

Può accadere che gruppi di edifici vicini, seguano uno stesso pattern lineare o a griglia. Questo fa si che, una volta avvenuta la generalizzazione per mezzo dalla tipizzazione, gli edifici distano meno di 11 m o addirittura si intersecano.

Quando si verificano queste situazioni si vanno ad individuare gli edifici troppo vicini e di questi si valuta la loro area, procedendo con l'eliminazione dell' edificio che ha area minore.

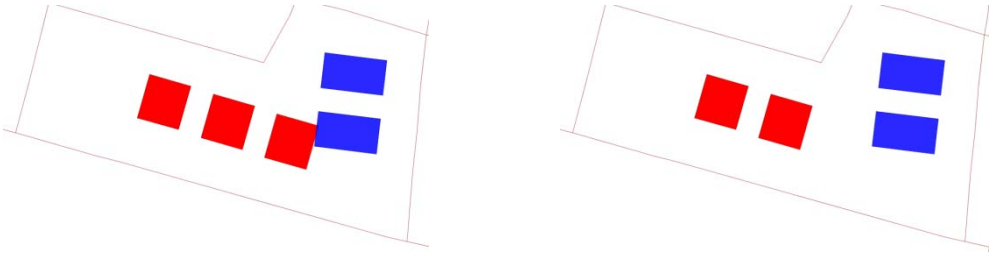


**Figura 7.2: A sinistra si vede che le due griglie (una rapresentata in rosso e l'altra in blu) sono in conflitto, a destra si vede la risoluzione del conflitto con l'eliminazione dell'edificio di area minore.**

## 7.2 CONFLITTI NASTRO - GRIGLIE

Può accadere che un nastro sia troppo vicino ad una griglia. Visto che la griglia è un pattern che ha priorità maggiore rispetto al nastro, si dovrà far prevalere la griglia stessa. L'eliminazione del nastro che si trova troppo vicino alla griglia è un'operazione troppo drastica, in quanto esso potrebbe avere grandi dimensioni se si occupa della rappresentazione di più edifici.

Per evitare questo problema, l'unico modo di gestire un conflitto nastro - griglia è quello di andare a ridurre il nastro stesso non andando ad agire sulla geometria che rappresenta il nastro, ma attuando la modifica sulla linea base usata per la sua costruzione. Si è scelto di agire in questo modo perché una riduzione della geometria rappresentante il nastro richiederebbe un maggiore sforzo computazionale e il risultato non sarebbe stato dei migliori, producendo nastri con forme che non soddisfano le specifiche IGM.

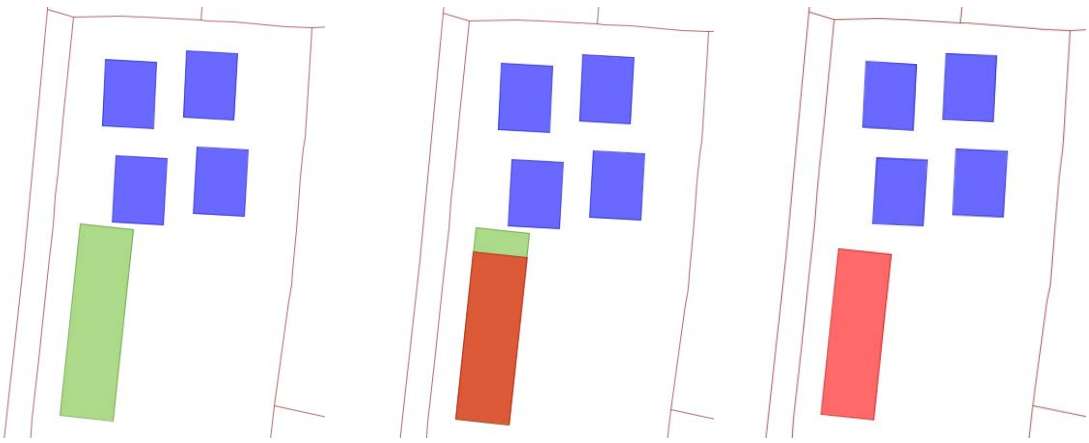


**Figura 7.3: a sinistra si nota il conflitto tra la griglia (indicata in blu) e il nastro (indicato in verde). Al centro la figura mostra la riduzione del nastro ( indicato in rosso). A sinistra la figura mostra la risoluzione del conflitto nastro-griglia.**

Quindi l'algoritmo prevede di calcolare un buffer su ogni elemento che costituisce la griglia, tale buffer deve avere dimensione pari a 11 m (cioè pari alla distanza minima che deve sussistere tra due edifici). Nel momento in cui esso interseca un nastro, quest'ultimo subisce una riduzione della sua linea base.

Può esserci il caso in cui la linea base venga ridotta molto, portando la sua lunghezza ad essere inferiore della soglia minima stabilita essere pari a 20 m. In questo caso si è deciso di evitare la ricostruzione del nastro ad essa associato, in quanto tale nastro non avrebbe un area maggiore a 400 mq come richiesto dalle specifiche IGM.

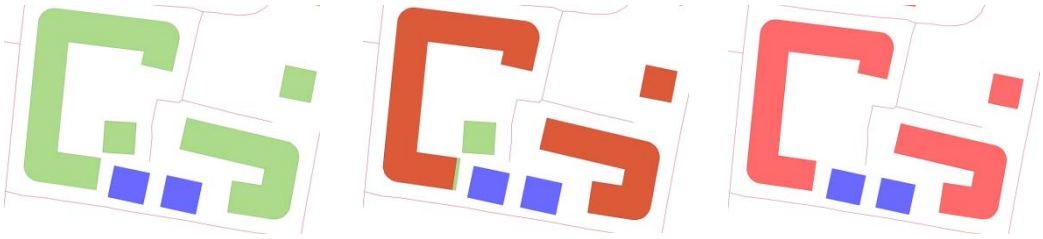


**Figura 7.4: a sinistra si nota il conflitto tra la griglia (indicata in blu) e il nastro (indicato in verde). Al centro la figura mostra una riduzione del primo nastro ( indicato in rosso) e l'eliminazione del secondo nastro di area troppo piccola per essere ridotto ulteriormente. A sinistra la figura mostra la risoluzione del conflitto nastro-griglia.**

## 7.3 CONFLITTI NASTRO - NASTRO

Per come è stato costruito il nastro, un edificio può essere generalizzato da più nastri. In questo caso accade spesso che i nastri si intersechino oppure che non rispettino la distanza minima, per tale ragione occorre intervenire e andare ad assegnare ad ogni edificio un solo nastro come è giusto che sia.

Come visto nel capitolo 5.7, nel momento in cui si costruisce il nastro, esso tiene traccia di tutti gli edifici di partenza che rappresenta e sfruttando questa informazione è possibile andare ad individuare per ogni edificio l'insieme di nastri che lo generalizzano. Con una successiva elaborazione si trova quale nastro copre la maggior parte di area dell'edificio, identificandolo come "nastro migliore" e si identificano tutti gli altri nastri che lo generalizzano coprendone un'area minore. Quest'ultimi vedranno ridotta la loro lista eliminando l'identificativo dell'edificio che coprono in minima parte.

Per alcuni nastri la lista, contenente gli identificativi degli edifici, si svuota e di conseguenza anche il nastro stesso può essere eliminato, in quanto esso non rappresenta più nessun edificio.

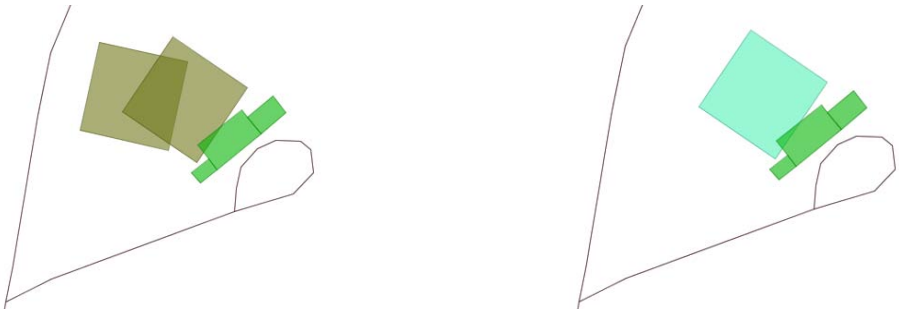


**Figura 7.5: a destra si vede che l'edificio è erroneamente rappresentato con due nastri (indicati in marrone); a sinistra il nastro che peggio rappresenta l'edificio viene eliminato.**

Gli altri nastrini la cui lista non viene ridotta o svuotata devono comunque essere controllati, infatti se più nastri si sovrappongono e ricoprono la stessa area, allora si procede con l'eliminazione del nastro più piccolo. Nel caso in cui invece, i nastri non rispettino la distanza minima di 11 m, allora il conflitto viene risolto per mezzo dell'algoritmo di displacement che allontana i nastri senza ridurli o modificarli.

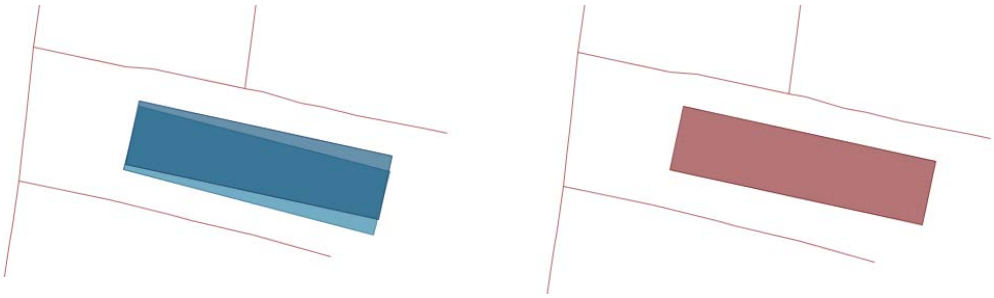


**Figura 7.6: a sinistra si vede il conflitto tra due nastri che sono quasi coincidenti; a destra si ve la risoluzione del conflitto con l'eliminazione del nastrino di area minore.**

## 7.4 CONFLITTI EDIFICI EXTRALARGE

Gli edifici extralarge sono quelli che hanno area maggiore a 1000 mq. Essendo edifici molto grandi, in genere sono anche molto significativi per rappresentare le caratteristiche del territorio e quindi devono essere preservati.

Essi possono trovarsi in conflitto con le griglie, con i nastri o con altri edifici extralarge e a seconda del caso viene attuata una gestione differente:

- **conflitto griglia - edificio extralarge**: in questo caso si va ad eliminare l'edificio di area minore che quindi è meno significativo per rappresentare le caratteristiche del territorio.
- **conflitto nastro - edificio extralarge**: questa tipologia di conflitto di verifica spesso, in quanto è tipico che edifici di grandi dimensioni abbiano attorno al loro perimetro anche edifici di piccole dimensioni. Si possono avere due casistiche: se il nastro che interseca l'edificio extralarge è minimo (il nastro è approssimato con uno stampino di area 400 mq ), allora si procede con l'eliminazione del nastro, perché l'edificio extralarge sarà più significativo; nel caso in cui invece il nastro abbia area maggiore a 400 mq, allora esso non può essere eliminato, in quanto sia l'edificio extralarge sia il nastro sono significativi. Per risolvere il problema si agisce in maniera analoga alla gestione dei conflitti nastro - griglia, in cui la linea base del nastro viene ridotta comportando la conseguente riduzione anche del nastro.

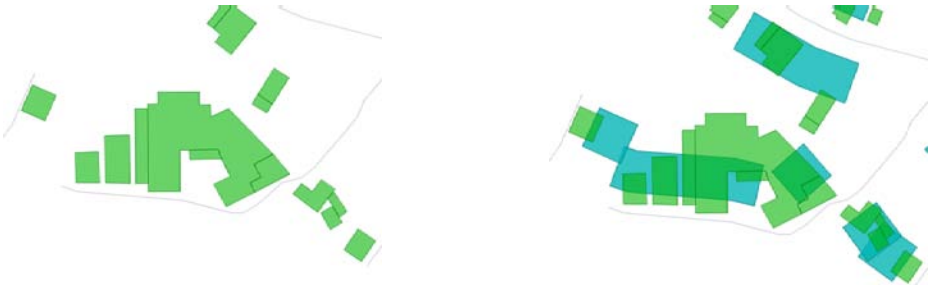


**Figura 7.7:A sinistra si vedono gli edifici da generalizzare, mentre a destra si vedono più nastri (uno di area > 400 mq e uno di area < 400 mq) che intersecano l'edificio extralarge.**

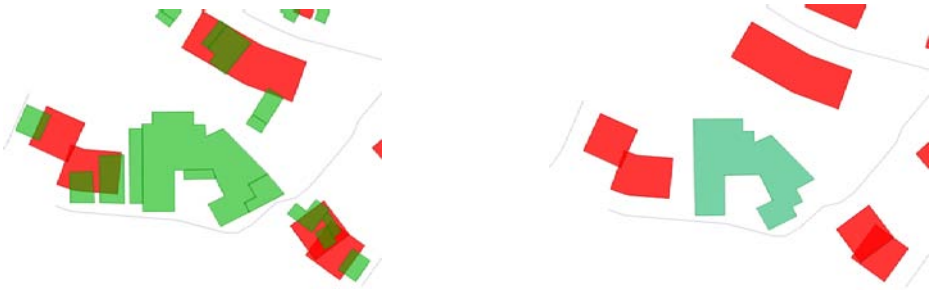


**Figura 7.8:A sinistra si vede un esempio di riduzione del nastro e di eliminazione in modo che non intersechi l'edificio extralarge. A destra si vede la risoluzione definitiva del conflitto.**

- **conflitto edificio extralarge - edificio extralarge**: in questo caso l'unica soluzione attuabile è l'applicazione di un algoritmo di displacement, con il quale entrambi gli edifici vengono allontanati evitando così la loro eliminazione o modifica.

## 7.5 CONFLITTI EDIFICI PICCOLI ED EDIFICI GRANDI

Come si è visto nel capitolo 6.1, gli edifici piccoli e grandi vengono modificati nella loro forma. In particolare gli edifici che hanno area minore a 400 mq, vengono sostituiti da uno stampino quadrato o da uno stampino rettangolare a seconda della lunghezza dal lato massimo, mentre agli edifici grandi viene applicato l'algoritmo di Sester (Sester, 2000).

Gli edifici piccoli, dopo aver subito questo tipo di elaborazione, sono rappresentati da stampini che entrano spesso in conflitto tra di loro, in quanto ampliandoli, si ha una conseguente riduzione dello spazio libero.
Visto che i conflitti tra edifici piccoli sono molto frequenti è importante trattarli nel migliore dei modi, proprio per questo la loro gestione avviene in due fasi:

- nella prima fase si applica un algoritmo di amalgamazione degli stampini che rappresentano edifici piccoli, con lo scopo di ridurre il numero di conflitti;
- nella seconda fase, si gestisce il conflitto vero e proprio, trattando non solo gli edifici piccoli, ma anche quelli grandi allo stesso modo.

### 7.5.1 FASE 1: RIDUZIONE DEI CONFLITTI TRA EDIFICI PICCOLI

Per ridurre i conflitti tra edifici piccoli si interviene in alcuni casi con la sostituzione degli stampini quadrati o rettangolari, ottenuti con il processo visto nel Capitolo 6. In particolare ci sono tre casi:

- **conflitto tra due stampini quadrati:**
    - se i due stampini si intersecano significa che essi generalizzano due edifici molto vicini, per tale ragione essi vengono sostituiti da un solo stampino quadrato centrato nel punto medio della linea che congiunge i centri degli stampini in conflitto.

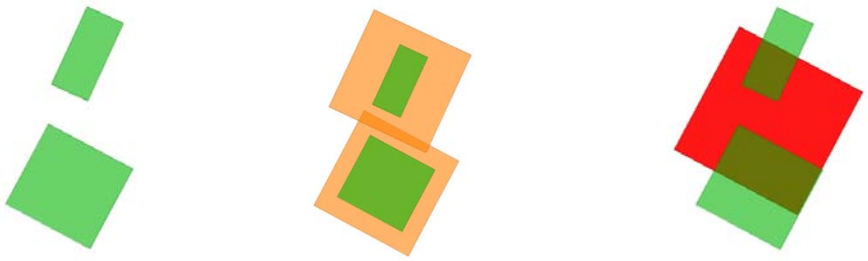


**Figura 7.9: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino definitivo (in rosso) che approssima gli edifici.**

    - se i due stampini non si intersecano, ma sono a distanza inferiore alla soglia minima, allora essi vengono sostituiti da uno stampino

rettangolare orientato come la linea che congiunge i due centri degli stampini.

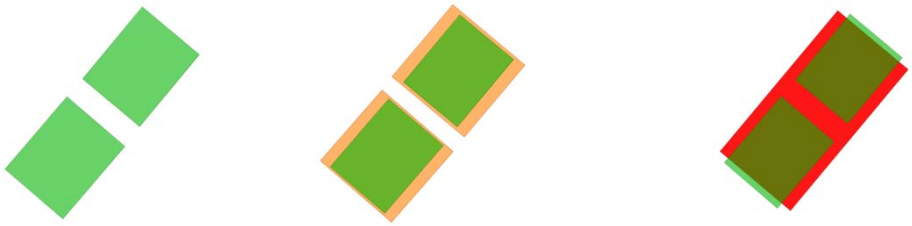


**Figura 7.10: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino rettangolare definitivo (in rosso) che approssima gli edifici.**

- conflitto tra uno stampino quadrato e uno stampino rettangolare: in questo caso il problema viene risolto andando a creare un nuovo stampino rettangolare orientato lungo la linea che congiunge i centri degli stampini in conflitto.

**Figura 7.11: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati e rettangolari creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino rettangolare definitivo (in rosso) che approssima gli edifici.**

L'operazione appena descritta non fa altro che aumentare lo spazio libero tra gli edifici, andando a ridurre i conflitti, ma non eliminandoli definitivamente. Si rende perciò necessario adottare altre strategie.

### 7.5.2 FASE 2: ELIMINAZIONE DEI CONFLITTI TRA EDIFICI PICCOLI-GRANDI

La riduzione dei conflitti tra edifici piccoli non è sufficiente, per tale ragione l'algoritmo prevede una seconda fase in cui i conflitti vengono risolti definitivamente. Occorre prima di tutto considerare sia gli edifici piccoli risultanti dall'elaborazione spiegata nel paragrafo precedente, sia gli edifici grandi.

L'idea è quella di risolvere primariamente i conflitti tra edifici piccoli e grandi, e per fare questo viene utilizzato l'algoritmo di displacement, imponendo il vincolo che gli edifici vengano spostati all'interno della faccia, e quindi ad una distanza di 40 m dalle strade. Operando in questo modo, gli edifici piccoli e grandi vengono a distanziarsi tra di loro, garantendo così la distanza minima, e allo stesso tempo essi evitano di andare a scontrarsi con i nastri (tranne che in rari casi).

**Figura 7.12: l'immagine riporta gli edifici da generalizzare.**

**Figura 7.13: l'immagine mostra gli edifici generalizzati ma con conflitti tra edifici piccoli e grandi (rappresentati in viola)**

**Figura 7.14: l'immagine mostra la risoluzione dei conflitti per mezzo del dispalcement (edifici rappresentati in rosa).**

Il displacement però, spostando gli edifici può comportare il nascere di altri conflitti che precedentemente non esistevano. Fino ad ora nessuna strategia ha previsto l'eliminazione dell'edificio, ma ora nel caso in cui si presentino altri conflitti non si può fare altro che procedere con l'eliminazione dell'edificio che ha area più piccola.

Operando nel seguente modo vengono trattati tutti i conflitti e gli edifici rispetteranno la distanza minima imposta dalla specifiche IGM.

# 8 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI

Il software è stato implementato in Java come plugin per OpenJump al fine di poter visualizzare i risultati prodotti dai nuovi algoritmi sviluppati, facilitando la fase di debug di quest'ultimi. Sono stati eseguiti test sui dati territoriali dell'area montuosa del Lago Mis e delle aree urbanizzate di Monselice, Padova e Verona. I risultati ottenuti sono buoni in quanto il processo è in grado di adattarsi alla realtà territoriale e di mantenerne le caratteristiche nel dato generalizzato. Questo nuovo processo di generalizzazione egli edifici è più intelligente grazie all'introduzione di una nuova tassonomia in grado di individuare e gestire in modo diversificato più casi.

Per quanto riguarda gli edifici fronte strada, l'introduzione di questa nuova classe si è rivelata un'importante aggiunta alla tassonomia precedente che ingloba la maggior parte dell'edificato, in quanto nelle aree a bassa densità gli edifici sono principalmente disposti lungo la rete stradale

La tecnica fornisce dei buoni risultati, ma sicuramente lascia spazio a miglioramenti che possono essere necessari per quegli edifici che, dopo essere stati generalizzati, hanno una forma curvilinea e non squadrata (con angoli principalmente retti) come richiesto dalle specifiche IGM.

**Figura 8.1: esempio di nastro che non rispetta le specifiche IGM.**

Un ulteriore raffinamento dell'algoritmo prevede una suddivisione dei nastri troppo densi che può essere attuata andando a confrontare l'area effettivamente coperta dal nastro con l'area totale degli edifici originari da esso rappresentati.

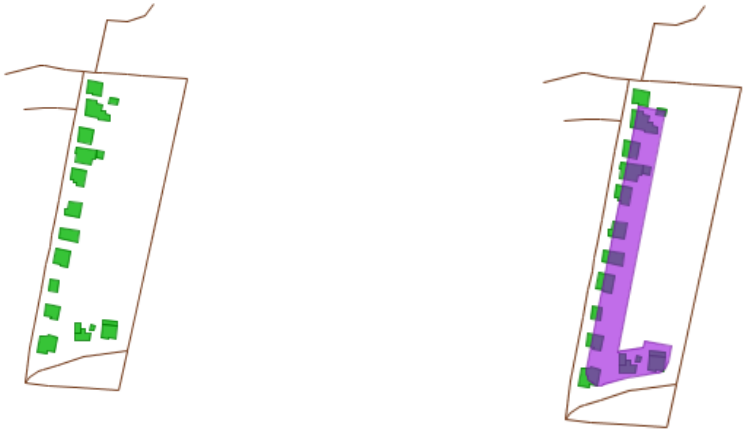


**Figura 8.2: esempio di nastro da dividere in più parti.**

Anche l'algoritmo che si occupa della trattazione dei pattern lineari e a griglia, individua in maniera ottimale i gruppi omogenei, in quanto il nuovo processo tiene conto di più parametri, come prossimità, area, orientamento e compattezza dell'edificio. Con la tipizzazione il software riesce a mantenere l'informazione fornita dagli edifici di partenza, e offre migliori garanzie sul rispetto delle specifiche grazie al controllo dimensionale del modello utilizzato nella tipizzazione. L'algoritmo di trattazione dei pattern lineari e a griglia, può comunque essere migliorato nella determinazione della direzione del pattern, in quanto in alcuni casi, capita che il minimum boundary rectangle costruito sul gruppo di edifici non rispecchi l'orientamento del gruppo stesso.

Ha dato buoni risultati anche la generalizzazione degli edifici che non seguono pattern, in quanto l'individuazione di una nuova classificazione degli edifici fa si che ogni classe possa essere trattata con algoritmi differenti con lo scopo di preservare le caratteristiche dell'edificio stesso.

La gestione dei conflitti nel nuovo processo di generalizzazione è più articolata e precisa, consentendo l'individuazione di molteplici tipologie di conflitto trattate in modo diverso a seconda delle caratteristiche degli edifici in esso coinvolti. Per la risoluzione dei conflitti sono stati utilizzati algoritmi differenti alcuni dei quali richiedono una rivisitazione. Un esempio è l'algoritmo che si occupa dello spostamento degli edifici (il displacement) che può modificarne eccessivamente la posizione, portando l'edifico ad entrare in conflitto con altri elementi della mappa come le strade o i fiumi.

# 9 BIBLIOGRAFIA

AGENT. (2003). *Generalisation Modelling using an agent paradigm Public report.*

Anders K.-H. ( ( 2006 )). *Grid Typification, in 12th International Symposium On Spatial Data.*

Baldin R. (2010). *CONTEXT AWARENESS AND TYPIFICATION.*

Callegari D. (2008). *Sviluppo di algoritmi per la generalizzazione cartografica degli edifici.*

IGM. (2004). *Norme e Segni convenzionali per la realizzazione dei fogli della Carta d'Italia alla scala 1:50 000* . Firenze: Istituto Geografico Militare.

Li Z., Yan H., Ai T., Chen J. (2004). *Automated building generalization based on urban morphology and Gestalt theory International Journal of Geographical Information Science.*

Mackaness W. A. (( 1994 )). *An algorithm for conflict identification and feature displacement in automated map generalization Cartography and Geographic Information Systems.*

McMaster R. B., Shea K. S. ( ( 1988 )). *Cartographic generalization in a a Digital Environmnent.*

Nicastro E. (2011). *Generalizzazione cartografica della rete stradale nel progetto CARGEN: algoritmi di armonizzazione, selezione e tipificazione alla scala 1:50.000.*

Regnauld N. (2003). *Algorithms for amalgamation of topographic data.*

Regnauld N. (2001). *Contextual Building Typification in Autameted Map Generalization.*

Ruas A. . (( 1998 )). *A Method for building displacement in automated map generalisation,.*

Sester, M. (2000). *Generalization Based On last Squared Adjustment.*

Ware J. M., J. C. ( ( 1998 )). *Conflict reduction in map generalization using iterative improvement.*

# 10 INDICE DELLE FIGURE

*Figura 1.1: Rappresentazione della stessa mappa a più livelli di scala. Riducendo la scala si vede che la zona rappresentata è più ampia e ha quindi meno dettaglio. ..... 4*
*Figura 2.1: schema dell'attuale processo di generalizzazione dell'edificato. ..... 13*
*Figura 2.2: In nero sono rappresentati i blocchi in cui la mappa di partenza viene suddivisa. ..... 15*
*Figura 2.3: In verde viene indicato un esempio di blocco di grandi dimensioni lungo il bordo della mappa. ..... 16*
*Figura 2.4: Dall'immagine si vede che le strade, indicate in marrone, non toccano il bordo della mappa, indicato in rosso, generando blocchi di grandi dimensioni. ..... 17*
*Figura 2.5: schema dell'attuale processo di generalizzazione delle aree rurali. ..... 18*
*Figura 2.6: Esempio di gestione dei conflitti tra edifici grandi. La forma dell'edificio che subisce la riduzione con il buffer non è adeguata..... 24*
*Figura 2.7: sono riportati due esempi di come gli edifici di partenza, vengono generalizzati con altri edifici che non rendono bene l'idea della loro disposizione. La loro densità è ridotta notevolmente a causa dell'errata gestione dei conflitti. ..... 25*
*Figura 3.1:schema del nuovo processo di generalizzazione dell'edificato. ..... 26*
*Figura 3.2: in nero vengono rappresentati i blocchi generati con l'algoritmo precedente. In arancio sono indicate le nuvole generate con lo scopo di partizionare ogni singolo blocco. ..... 28*
*Figura 3.3: a sinistra si vede la nuvola attraversata completamente dal dangle, indicato in marrone; a destra si vede che la nuvola viene suddivisa in due parti. ..... 29*
*Figura 3.4: in nero vengono individuati i blocchi, in arancio si vede la suddivisione dei blocchi in nuvole e in rosso viene indicato il partizionamento della nuvole in maglie. ..... 30*
*Figura 3.5: schema del processo di generalizzazione delle aree a bassa densità..... 32*
*Figura 4.1: nella figura vengono indicati i gruppi che sono considerati omogenei. ..... 34*
*Figura 4.2: esempio di pattern lineare generalizzato con la tipizzazione..... 35*
*Figura 4.3: esempio di pattern a griglia generalizzato mediante tipizzazione..... 35*
*Figura 4.4: a destra si vede un esempio in cui il modello è rappresentato da uno stampino quadrato; a sinistra si vede che il modello è rappresentato da uno stampino rettangolare. ..... 36*
*Figura 5.1: nella prima figura si vedono le maglie su cui calcolare la fascia, mentre in rosso viene indicato la fascia al margine. ..... 38*
*Figura 5.2:in azzurro viene indicato la fascia interna..... 39*
*Figura 5.3 :le linee rosa ben marcate rappresentano la linea della maglia. Osservando l'estremità dei dangles si vede che la linea è squadrata. ..... 40*
*Figura 5.4: in rosso è evidenziato un edificio interno alla maglia, che non interseca nessuna fascia.. 41*
*Figura 5.5: in rosso è evidenziato l'edificio che interseca la fascia, ma che ha area superiore ai 1000 mq. ..... 41*
*Figura 5.6: in rosso sono rappresentati gli edifici che non intersecano la linea della maglia mentre in blu si evidenziano quelli che la intersecano..... 42*
*Figura 5.7: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è indicato lo stampino generato sulla proiezione del centroide dell'edficio di partenza. ..... 43*
*Figura 5.8: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è rappresentata la serie di stampini che selezionano una parte della linea della maglia..... 44*
*Figura 5.9: a destra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a sinistra è rappresentata la serie di stampini che selezionano una parte della linea della maglia..... 44*
*Figura 5.10: a sinistra si vede l'edificio da generalizzare, mentre a destra è rappresentato lo stampino generato sul punto medio dell'edificio di partenza. ..... 45*
*Figura 5.11: vengono illustrati alcuni casi in cui gli stampini hanno una distanza inferiore a 11 m. Si vede che i vari segmenti vengono uniti creando un'unica linea base. ..... 46*

*Figura 5.12: in rosso vengono indicati gli stampini e in blu sono rappresentate varie linee base. .....46*
*Figura 5.13: a destra si vedono due esempi di nastri costruiti senza applicare un miglioramento delle linee basa. A sinistra invece vengono mostrati gli stessi nastri, dopo che la linea base è stata migliorata.....47*
*Figura 5.14: Linea chiusa prima della modifica.....49*
*Figura 5.15: Linea chiusa dopo la modifica.....49*
*Figura 5.16: linea senza angoli, con estremi vicini prima della modifica.....49*
*Figura 5.17:in blu è rappresentata la linea dopo la modifica. .....49*
*Figura 5.18: Risultato ottenuto generando i nastri sulle linee base.....56*
*Figura 5.19 esempio di linea base troppo corta per rappresentare un edificio generalizzato con area di almeno 400 mq. .....56*
*Figura 5.20: In rosso sono indicati gli edifici di partenza e in arancio vengono indicati i nastri che li generalizzano.....57*
*Figura 6.1: esempio di generalizzazione di un edificio piccolo con lato maggiore di lunghezza inferiore a 20 m. .....59*
*Figura 6.2: esempio di generalizzazione di un edificio piccolo con lato maggiore di lunghezza superiore a 20 m. .....59*
*Figura 6.3: esempio di generalizzazione di un edificio grande.....59*
*Figura 6.4: esempio di generalizzazione di un edificio extralarge, con l'indicazione del risultato di ogni passo dell'algoritmo.....60*
*Figura 7.1:schema riassuntivo relativo alla gestione dei conflitti.....62*
*Figura 7.2: A sinistra si vede che le due griglie (una rapresentata in rosso e l'altra in blu) sono in conflitto, a destra si vede la risoluzione del conflitto con l'eliminazione dell'edificio di area minore...63*
*Figura 7.3: a sinistra si nota il conflitto tra la griglia (indicata in blu) e il nastro (indicato in verde). Al centro la figura mostra la riduzione del nastro ( indicato in rosso). A sinistra la figura mostra la risoluzione del conflitto nastro-griglia. .....64*
*Figura 7.4: a sinistra si nota il conflitto tra la griglia (indicata in blu) e il nastro (indicato in verde). Al centro la figura mostra una riduzione del primo nastro ( indicato in rosso) e l'eliminazione del secondo nastro di area troppo piccola per essere ridotto ulteriormente. A sinistra la figura mostra la risoluzione del conflitto nastro-griglia. .....64*
*Figura 7.5: a destra si vede che l'edificio è erroneamente rappresentato con due nastri (indicati in marrone); a sinistra il nastro che peggio rappresenta l'edificio viene eliminato. .....65*
*Figura 7.6: a sinistra si vede il conflitto tra due nastri che sono quasi coincidenti; a destra si ve la risoluzione del conflitto con l'eliminazione del nastrino di area minore. .....66*
*Figura 7.7:A sinistra si vedono gli edifici da generalizzare, mentre a destra si vedono più nastri (uno di area > 400 mq e uno di area < 400 mq) che intersecano l'edificio extralarge. .....67*
*Figura 7.8:A sinistra si vede un esempio di riduzione del nastro e di eliminazione in modo che non intersechi l'edificio extralarge. A destra si vede la risoluzione definitiva del conflitto.....67*
*Figura 7.9: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino definitivo (in rosso) che approssima gli edifici. .....68*
*Figura 7.10: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino rettangolare definitivo (in rosso) che approssima gli edifici. .....69*
*Figura 7.11: a sinistra sono rappresentati gli edifici di origine (in verde), al centro si vedono gli stampini quadrati e rettangolari creati sul loro centro (in arancio), a destra si vede lo stampino rettangolare definitivo (in rosso) che approssima gli edifici. .....69*
*Figura 7.12: l'immagine riporta gli edifici da generalizzare.....70*
*Figura 7.13: l'immagine mostra gli edifici generalizzati ma con conflitti tra edifici piccoli e grandi (rappresentati in viola).....70*

*Figura 7.14: l'immagine mostra la risoluzione dei conflitti per mezzo del dispalcement (edifici rappresentati in rosa).* ..... *71*
*Figura 8.1: esempio di nastro che non rispetta le specifiche IGM.* ..... *72*
*Figura 8.2: esempio di nastro da dividere in più parti.* ..... *73*