

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PISA
FACOLTÀ DI SCIENZE MATEMATICHE FISICHE E NATURALI



**Corso di Laurea Specialistica in
Geofisica di Esplorazione ed Applicata**



Anno Accademico 2009/2010

Candidato: **Altobelli Cristian**
Laurea triennale in: **Ingegneria delle Telecomunicazioni**

Titolo della tesi

Identificazione automatica di pattern iperbolici su dati Georadar

Relatore: **Maria Sabrina Greco**
Correlatore: **Guido Manacorda**
Alessandro Simi

Controrelatore: **Rocca Fabio**

Riassunto

In questo elaborato si è scelto di adottare un approccio basato sulla considerazione che al momento le immagini georadar di tipo BSCAN devono necessariamente essere sottoposte alla interpretazione di un operatore umano. Il formato BSCAN è composto da una matrice in cui le colonne sono determinate dalla successione degli *sweep* radar estratti durante la misura. Quindi, sulle righe abbiamo la ascissa temporale (tempo di volo) e sulle colonne abbiamo la posizione spaziale dell'antenna al momento della misura. La grandezza dei pixel è determinata dal tempo di campionamento per le righe e dal passo di campionamento spaziale per le colonne. Il valore delle celle della matrice è proporzionale al valore dell'ampiezza del campo elettromagnetico ricevuto.

Gli oggetti sepolti aventi dimensione paragonabile o minore della lunghezza d'onda centrale dello spettro dell'impulso emesso dal georadar appaiono nelle BSCAN sotto forma di pattern di contrasto di forma iperbolica. La posizione dell'oggetto sepolto corrisponde alla posizione occupata dall'apice dell'arco di iperbole che modella il pattern di contrasto. Risulta quindi ovvia nell'elaborazione del dato georadar l'importanza di uno strumento atto a verificare la presenza ed il posizionamento dei suddetti pattern iperbolici, nonché il corretto calcolo delle velocità dell'onda e.m. nel punto.

L'obiettivo della tesi sviluppata in collaborazione con I.D.S. – Ingegneria dei Sistemi è stato quello di rivedere, testare ed infine convalidare un algoritmo di detezione automatica dei pattern iperbolici. Nei casi pratici tali iperboli sono determinate da strutture sepolte e sottoservizi: la ricerca si risolve quindi nella corretta identificazione e nel posizionamento di cavi, tubi e strutture al di sotto del manto stradale. L'interesse per lo sviluppo di nuovi metodi di analisi dei dati georadar volti alla identificazione di servizi è molto forte in quanto non esistono al momento software commerciali in grado di estrarre la posizione di tubi e cavi in maniera completamente

automatica con prestazioni accettabili in termini di probabilità di corretta rivelazione e numero di falsi allarmi nonché di velocità di elaborazione.

Partendo da una versione dell'algoritmo già implementata sui software aziendali, si è cercato di migliorarne le prestazioni in termini statistici, avvalendosi di strumenti comparativi quali le curve ROC (*Receiver Operating Curves*). In particolare a fronte di una probabilità di corretta detezione ritenuta accettabile si vuole ottenere una probabilità di falso allarme molto bassa, idealmente nulla.

L'algoritmo si basa sull'applicazione di una versione modificata della trasformata di Hough alla mappa dei dati radar precedentemente elaborata, al fine di ottenere una lista di apici ritenuti validi, le rispettive velocità dell'onda nel mezzo ed un fattore di qualità denominato *score*. La pre-elaborazione della mappa serve sia per la riduzione dei campioni da considerare tramite opportuni filtraggi, sia per introdurre nell'algoritmo ulteriori considerazioni di carattere fisico-energetico: esso infatti deve dimostrarsi robusto anche nei casi che comprendano l'utilizzo di sistemi multi-frequenza e multi-canale in ambienti caratterizzati dalle più diverse risposte elettromagnetiche e rapporto segnale/rumore.

L'esperienza acquisita durante la formulazione dei metodi di elaborazione che portano alla interpretazione delle immagini georadar suggerisce un approccio di tipo funzionale al problema. In sostanza è opportuno decomporre il problema generale in sottoproblemi che siano, complessivamente, più facili da risolvere. La scelta che abbiamo fatto per la decomposizione in sottoproblemi è così costituita da:

- Pre-elaborazione
- Riduzione dei dati
- Rivelazione
- Valutazione delle prestazioni

La fase di pre-elaborazione è volta a predisporre l'immagine in una condizione *normale*, in modo da avere una base di partenza univoca per le elaborazioni successive; di solito si tratta di procedimenti come il riallineamento delle tracce, rimozione di effetti stazionari, applicazione di guadagni etc.

La fase di riduzione dei dati consiste nel rimuovere dall'immagine le informazioni che non sono utili al raggiungimento dello scopo finale; nel nostro caso questa attività è svolta principalmente dal filtro *gradiente-sigmoidale*, il quale opera una classificazione dei punti dell'immagine come appartenenti a tre tipi di zona:

1. Zona di massimo relativo
2. Zona di minimo relativo
3. Zona a valori costanti

In questo modo si ottiene una drastica riduzione della dinamica ed una migliore comprensione del significato dell'immagine al fine dell'individuazione delle iperboli.

La fase di rivelazione è volta a suddividere l'insieme dei candidati in due parti: i bersagli ed i non bersagli. Questa operazione è molto delicata perché tipicamente avviene che, per ridurre i mancati allarmi (bersagli non identificati), si è costretti ad aumentare il numero di falsi allarmi (non bersagli identificati).

Nel nostro programma, la rivelazione è affidata alla trasformata di Hough modificata che associa ad ogni (presunto) apice d'iperbole un punteggio da utilizzare per discriminare i bersagli dai non

bersagli. I bersagli candidati così riconosciuti vengono in seguito scartati da una *feature* di rivelazione basata sul calcolo di un'integrazione coerente lungo tutto il tracciato dell'iperbole, ciò per scartare bersagli con basso SNR, probabilmente artefatti dell'elaborazione.

La fase di valutazione delle prestazioni può essere associata sia ad ognuna delle precedenti fasi separatamente, sia al termine dell'esecuzione per ottenere un indice di prestazione complessivo. Adottare uno strumento di valutazione oggettiva delle prestazioni significa avere la possibilità di stabilire se una modifica al programma ha portato ad un miglioramento, e quindi può essere accettata, oppure un peggioramento, e quindi può essere scartata.

Nel presente elaborato verranno fatte prima una rapida introduzione alla fisica del mondo GPR, con particolare attenzione alla formazione dei pattern iperbolici, poi verrà presentato il codice di detezione automatica sviluppato ed infine se ne mostrerà l'applicazione su dataset e mappe reali, comparando i risultati in termini statistici del nuovo algoritmo con quello vecchio.