

## Una procedura GIS a servizio della rete radar meteo della Regione Toscana

Romanelli Stefano <sup>(a)</sup>, Andrea Antonini <sup>(a)</sup>, Samantha Melani <sup>(b)</sup>, Manuela Corongiu <sup>(a)</sup>,  
Alessandro Mazza <sup>(b)</sup>, Alberto Ortolani <sup>(b)</sup>, Bernardo Gozzini <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Consorzio LaMMA, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), [romanelli@lamma.rete.toscana.it](mailto:romanelli@lamma.rete.toscana.it)

<sup>(b)</sup> IBIMET-CNR, Via Madonna del Piano 10, 50019 Sesto Fiorentino (FI), [antonini@ibimet.cnr.it](mailto:antonini@ibimet.cnr.it)

### Riassunto

Il Consorzio Lamma, che tra i propri compiti istituzionali ha anche quello di garantire il servizio meteorologico regionale della Toscana, ha recentemente implementato una rete radar in banda X che si sovrappone e completa la rete radar nazionale italiano nell'alto Tirreno. I tre sistemi radar sono stati installati presso Isola d'Elba, porto di Livorno e Castiglione della Pescaia (vicino Grosseto) coprendo per intero le coste della Toscana.

Scopo del presente articolo è quello di descrivere il lavoro effettuato per implementare una procedura GIS, realizzata con software open source, in grado di simulare la visibilità radar partendo dalle coordinate del sito di installazione e dai dati di un modello del terreno ad alta risoluzione. A seguito della georeferenziazione dei tre sistemi radar è stato possibile implementare una procedura che effettua il composito delle immagini prodotte dai tre radar in cui si effettua una sintesi delle informazioni inerenti i sistemi precipitativi in atto.

### Abstract

Weather radar systems allow the observation of precipitation system patterns highlighting their structure and space-time development. X-band radar systems offer implementation solutions with reduced costs for both installation and maintenance issues compared to the more common C- and S-band radar systems. Their usefulness in monitoring and assessing the dynamics of precipitating systems have been widely proved, as their reliable use in operational weather nowcasting systems.

Conventional (S- and C-band) weather radars still offer better performances and higher measurements accuracies as compared to X-band systems. Conversely, these latter can provide much higher resolutions although with reduced spatial domains; they also allow using very reliable technologies, compact size with virtually no impact on landscape and simplicity of installation. LaMMA Consortium, as the regional meteorological service of Tuscany, has recently implemented an X-band weather radar network that partially overlaps and completes the Italian national one over the high Tyrrhenian area. Three radar systems have been installed, specifically in the Elba Island, Livorno harbour and Castiglione della Pescaia (near Grosseto), covering most of the Tuscany coasts.

This paper describes the implementation of a GIS procedure, realized completely with Open Source software, to simulate the visibility of the radar. Only the geographical coordinate of the installation site and a high resolution Digital Terrain Model (DEM) are needed for the procedure to run.

As the radar systems are not coherent, a special effort was made to remove the clutter signal due to not weather fixed echoes in the radar scans. Moreover, the radar proximity to the sea introduces additional clutter disturbances. To these issues, different algorithms were implemented for sea and land clutter removal, respectively. A non-conventional 3D geolocation and a mosaic algorithm were also implemented as a significant part of the process for the assessment of radar quality and performances.

Finally, a preliminary evaluation of the monitoring products was made analyzing different case

studies in order to investigate radar behavior under different precipitation regimes and seasonality.

### Introduzione e metodologia

I sistemi radar meteorologici consentono di osservare i sistemi precipitativi evidenziandone la struttura e lo sviluppo spazio-temporale. I sistemi radar in banda X offrono una soluzione implementativa a costi ridotti sia di installazione che manutenzione e con interventi a basso impatto ambientale. Pur avendo prestazioni inferiori rispetto ai radar in banda C ed in banda S, consentono di osservare bene la dinamica di sistemi precipitativi su domini spaziali ridotti (fino a 50-60 km) e con risoluzioni molto elevate (fino a 100 m).

Al LaMMA è stata realizzata una catena di elaborazione per la completa gestione delle scansioni effettuate dai sistemi radar. I dati vengono acquisiti presso i tre siti di installazione e trasmessi in tempo reale presso il centro di calcolo del LaMMA per le successive elaborazioni.

Per una ottimale caratterizzazione della visibilità di tali sistemi, che tenga conto del fattore geometrico e della orografia, invece, è stata realizzata una procedura basata su sistema GIS (PostGIS) che partendo dalla ubicazione del radar e da un Modello Digitale del Territorio (DTM) ed ipotizzando una propagazione del segnale elettromagnetico in atmosfera standard, simula una scansione radar che fornisce importanti informazioni riguardo alla presenza di rilievi montuosi all'interno del fascio radar. In particolare la funzione realizzata in SQL discretizza il fascio radar (i sistemi in oggetto hanno una ampiezza del fascio a 3 dB pari a 3°) in 6 porzioni. Per ognuna di queste porzioni viene simulata la propagazione del fascio calcolandone l'altezza (h) tramite la seguente formula:

$$h = \sqrt{r^2 + (k_e a)^2 + 2rk_e a \sin(\theta)} - k_e a + h_0$$

dove r è la distanza dal radar, a è il raggio terrestre,  $\theta$  elevazione dell'antenna,  $h_0$  altezza del sistema radar presso il sito di installazione e  $k_e a$  è il raggio effettivo della terra, che tiene conto anche della rifrazione. La funzione SQL prosegue intersecando tutte queste porzioni di fascio con il DTM scaricabile presso il Geoportale nazionale con risoluzione a terra di 20 metri. Il risultato è che per ogni punto del raggio (in corrispondenza dei centroidi delle celle volumetriche dei radar) si ottiene un valore di visibilità percentuale effettuando la composizione delle 6 differenti porzioni. Contemporaneamente, la sovrapposizione con il DTM permette di individuare se il centroide è in corrispondenza di terra o mare.

Tale procedura risulta di fondamentale importanza sia in fase di scelta del sito più idoneo per l'installazione del radar che in fase di uso dei sistemi radar. Infatti poiché i sistemi non sono coerenti sono stati implementati algoritmi di rimozione del clutter di terra e di mare per i quali è fondamentale una corretta georeferenziazione in modo da individuare i pixel che cadono su mare ed eventuali rilievi montuosi.

Grazie a tale non-convenzionale geolocalizzazione è stato possibile inoltre realizzare un mosaico 3D dei tre sistemi radar, particolarmente utile per avere un unico prodotto di analisi che unisca le informazioni fornite.

Infine, una valutazione preliminare dei prodotti di monitoraggio è stata effettuata analizzando diversi casi di studio, per caratterizzare il comportamento sotto diversi regimi di precipitazione e la stagionalità.

### Risultati

La procedura è stata realizzata in ambiente PostgreSQL/PostGIS che genera e gestisce tutte le tabelle necessarie e quindi non necessita di ulteriori software. Per contro è ovvio che la velocità di esecuzione della procedura non sia paragonabile a software realizzati con linguaggi di programmazione più evoluti. Tuttavia la procedura viene fatta girare solo in fase progettazione e di set up del sistema di sorveglianza.

E' importante sottolineare come tale sistema consenta la fruibilità delle informazioni in fase operativa per l'ottimizzazione dell'elaborazione dei segnali rispettivamente su terra e mare e la georeferenziazione delle informazioni inerenti i sistemi precipitativi.