

Modelling e inversione compatta di dati magnetici

*Original*

Modelling e inversione compatta di dati magnetici / Stocco, Stefano; Godio, Alberto; Sambuelli, Luigi. - STAMPA. - (2006), pp. 430-432. (Intervento presentato al convegno 25° Convegno nazionale GNGTS tenutosi a Roma nel 28-30 novembre).

*Availability:*

This version is available at: 11583/1549745 since:

*Publisher:*

CNR

*Published*

DOI:

*Terms of use:*

This article is made available under terms and conditions as specified in the corresponding bibliographic description in the repository

*Publisher copyright*

(Article begins on next page)

# Modelling e inversione compatta di dati magnetici

S. Stocco, A. Godio, L. Sambuelli

DITAG, Politecnico di Torino

Le indagini magnetiche nelle prospezioni archeologiche offrono un utile strumento per ricavare mappe di elementi superficiali di rilevante interesse storico-culturale, con un buon compromesso tra copertura spaziale da un lato e rapidità e costi contenuti dall'altro.

Le procedure di *forward modelling* e di inversione sono necessari per stimare con accuratezza la profondità, forma e contrasto di suscettività dei target (Piro *et al.*, 2005, Godio e Piro, 2005). Non sempre i codici commerciali di elaborazioni 2D e 3D permettono di trattare congiuntamente dati di campo e gradiente; inoltre, l'impegno di calcolo delle elaborazioni 3D limita l'interpretazione a piccoli settori all'interno dell'area indagata (Piro *et al.*, 2005).

Nel presente contesto si fa riferimento alla possibilità di assimilare una serie di target archeologici a prismi. L'idea proposta è quella di applicare un'inversione 2D a sezioni significative perpendicolari ad oggetti di forma allungata, localizzati dalle mappe magnetiche, in modo tale da ottenere una stima della forma, profondità e caratteristiche magnetiche degli oggetti stessi. Le peculiarità dei resti archeologici (posti a piccola profondità, compatti e di limitata estensione verticale) si accordano con processi di inversione di tipo compatto; l'approccio seguito parte dalle procedure di inversione di dati gravimetrici (Last e Kubik, 1988). L'approccio proposto non è del tutto innovativo: Guillen e Menichetti (1984), partendo dal principio di inversione compatta, minimizzano il momento di inerzia rispetto al centro di gravità o rispetto ad una linea obliqua passante per esso. Per contro l'approccio adatta il metodo alla elaborazione di dati magnetici e introduce alcuni elementi di ottimizzazione del processo di inversione in termini di accuratezza e risoluzione.

Il metodo di inversione suggerito consiste nel minimizzare un funzionale delle suscettività e degli errori, risolvendo un problema ai minimi quadrati pesato. Il principio è quello di minimizzare l'area (o il volume) del corpo che provoca l'anomalia magnetica, il che equivale a massimizzare la sua compattezza. È un processo iterativo in cui le matrici peso delle suscettività e degli errori vengono modificate ad ogni iterazione fino ad ottenere la convergenza della soluzione. La convergenza viene assicurata anche in caso di problemi sottodeterminati, ovvero qualora i valori di suscettività magnetica della griglia nella sezione verticale che rappresenta il dominio spaziale dell'elaborazione (incognite del problema) è maggiore del numero di dati sperimentali. Il metodo è peraltro inefficace se la forma del corpo che provoca l'anomalia è complessa: il principio dell'inversione, infatti, è quello di minimizzarne l'area, perdendo l'eventuale complessità geometrica.

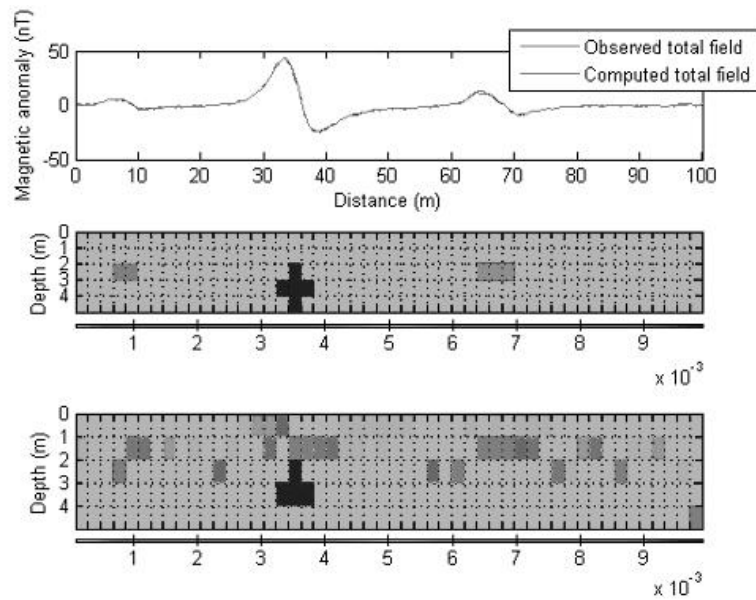
Al fine di migliorare la risoluzione del processo di inversione si propone di calcolare la matrice di risoluzione del modello: essa è funzione della *kernel* e indica la risoluzione che si può ottenere da un determinato campionamento del dominio spaziale. L'uso della matrice di risoluzione del modello permette di valutare la migliore discretizzazione del sottosuolo per ottimizzare le caratteristiche risolutive dell'inversione, consentendo inoltre una corretta definizione della profondità utile del rilievo.

L'operatore di inversione viene focalizzato sulla "parte utile" del segnale, ovvero sulle anomalie principali, minimizzando la norma L2 tra dato calcolato e sperimentale solo in quel particolare segmento. In questo modo il *fitting* di quello che si considera rumore è fortemente ridotto e il processo di convergenza è maggiormente focalizzato sul "segnale utile". La procedura si basa su: (1) valutazione dello spettro del segnale in dominio di numero d'onda  $k$  con la trasformata di Fourier; (2) stima dei numeri d'onda che corrispondono a -12 dB e determinazione della larghezza di banda 0 -12 dB in termini di lunghezza d'onda  $BW$ ; (3) valutazione della potenza media del segnale lungo il profilo sulla finestra mobile  $BW$ ; (4) scelta di una soglia (in dB) tra "segnale utile" e rumore secondo il livello di energia del segnale.

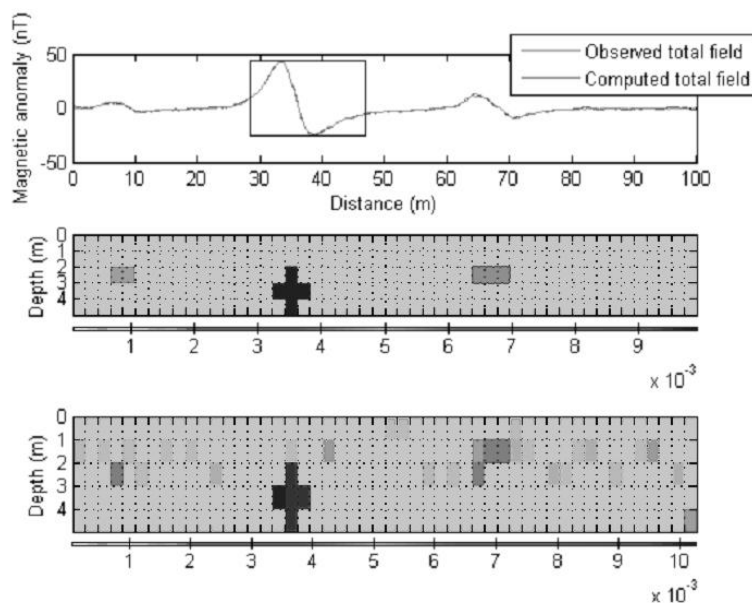
L'operazione produce un "*mask signal*", formato dallo stesso numero di campioni del segnale originario, avente valore 0 dove l'energia del segnale è al di sotto della soglia selezionata (rumore), valore 1 dove è al di sopra (anomalie principali).

Il processo descritto è stato inserito all'interno di un codice di calcolo che permette di valutare l'anomalia magnetica generata da uno o più corpi sepolti, di applicare procedure di filtraggio ai dati

sperimentali e di eseguirne l'inversione. Il codice è stato testato su dati sintetici generati utilizzando il *forward modelling* e perturbando i dati con rumore *random* del 5% sul valore massimo del segnale. A titolo di esempio si discute il risultati di inversione di un elemento principale centrale e due elementi laterali, con un contrasto di suscettività inferiore rispetto all'elemento principale. La presenza delle anomalie generate dalle strutture laterali rende meno accurata l'individuazione del corpo principale: in fig. 1 si mostra il risultato dell'inversione con la minima norma L2 calcolata sull'intero segnale, in Fig. 2 si riporta il risultato con la minima norma L2 calcolata sulla sola "parte utile" del segnale, in accordo con il "mask signal". La somiglianza tra modello iniziale e quello risultato dall'inversione è decisamente migliore nel secondo caso.

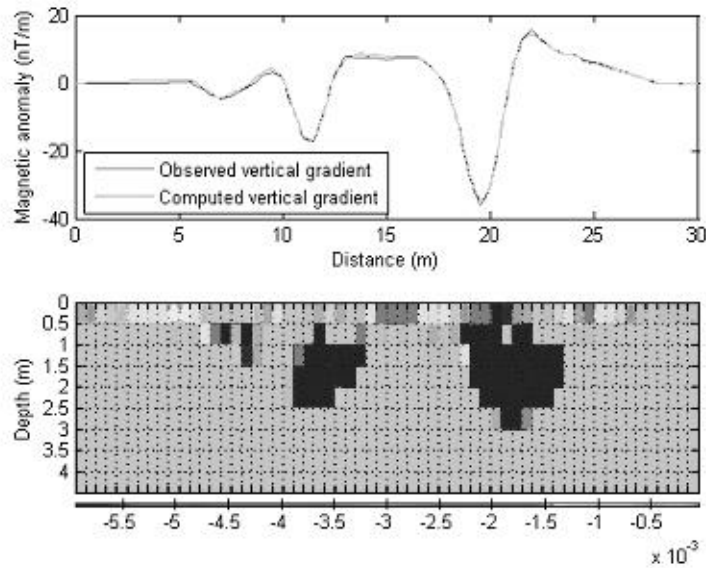


**Fig. 1** – Inversione di dati sintetici. Contrasto di suscettività =  $10^{-2}$  S.I., 5% di rumore uniforme; parte alta) risposta magnetica del campo totale (altezza del sensore 0.3 m); parte centrale) modello teorico con corpi anomali; parte bassa) distribuzione di suscettività dopo 7 iterazioni (norma L2 = 9.38)



**Fig. 2** – Inversione di dati sintetici. Contrasto di suscettività =  $10^{-2}$  S.I., 5% di rumore uniforme; parte alta) risposta magnetica del campo totale (altezza del sensore 0.3 m); parte centrale) modello teorico con corpi anomali; parte bassa) distribuzione di suscettività dopo 8 iterazioni (norma L2 della "parte utile" del segnale = 3.42)

Il metodo è stato applicato a dati magnetici riferiti all'area della Necropoli delle Sabine a Colle del Forno (700-300 a.C.) in Montelibretti, Roma. Il sito è caratterizzato da tombe costituite da una camera e un corridoio (*dromos*). I dati magnetici sono stati acquisiti su una griglia 0.5 x 0.5 m con un magnetometro ai vapori di cesio (Godio e Piro, 2005). In Fig. 3 si mostra il risultato dell'inversione di un profilo estratto dalla mappa trasversalmente alle tombe. La dimensione e la profondità delle due tombe stimate dall'inversione concordano approssimativamente con i risultati degli scavi. In particolare il profilo mostrato intercetta il corridoio della prima tomba (coordinata 11 m) e la camera della seconda alla coordinata 20 m. Le dimensioni delle sezioni del corridoio e della camera sono solo lievemente sovrastimate.



**Fig. 3** – Necropoli delle Sabine – Risultato dell'inversione dopo 6 iterazioni, norma L2 = 8.09

**Ringraziamenti.** Si ringrazia il Dr. Salvatore Piro per i dati magnetici acquisiti alla Necropoli delle Sabine.

### Bibliografia

- Godio, A., Piro S.; 2005: Integrated data processing for archaeological magnetic surveys. *The Leading Edge*, 24, 1138-1144.  
 Guillen, A., Menichetti, V.; 1984: Gravity and magnetic inversion with minimisation of a specific functional. *Geophysics*, 49, 1354-1360.  
 Last, B. J. J. and Kubik, K.; 1983: Compact gravity inversion. *Geophysics*, 48, 713-721.  
 Piro, S., Sambuelli L., Godio, A.; 2005: 2D and 3D data processing of archaeo-magnetic data. 6th Int. Conf. on Archaeological Prospection. 14-17 Sept. (vol. I, pp. 158-162).