

TECNICHE DI DIAGNOSTICA NON DISTRUTTIVA

*Barbara Cannas, Sara Carcangiu, Alessandra Fanni, Renato Forcinetti, Augusto Montisci,
Giuliana Sias, Mariangela Usai*

Dipartimento di Ingegneria Elettrica ed Elettronica (DIEE), Piazza d'Armi, 09123 Cagliari
e-mail cannas@diee.unica.it

Parole chiave: Test non distruttivi, Metodo agli Elementi Finiti, Tomografia

L'Unità di Cagliari ha portato avanti negli ultimi anni un'intensa attività di ricerca nell'ambito delle diagnostiche non distruttive, esplorando l'efficacia di tecniche basate sulla propagazione di diversi tipi di onde, associate a tecniche di signal processing applicate ai segnali ottenuti dall'esame non distruttivo dicampioni-test.

- **Clustering dei dati multidimensionali[1]**

È stato sviluppato un nuovo approccio basato sull'analisi integrati di numerose caratteristiche associate alle onde ultrasoniche che si propagano attraverso il materiale. Sono stati acquisiti segnali ultrasonici registrati da ricevitori posti in un'opportuna griglia di nodi e sono state estratte 6 feature nel dominio del tempo e della frequenza. Dopo aver analizzato l'efficacia di ciascuna feature nel rilevare il difetto, è stata realizzata una Self Organising Map (SOM) al fine di sfruttare il contributo complementare delle informazioni contenute nelle diverse feature. L'utilizzo della SOM ha permesso di localizzare l'anomalia e di definire il suo contorno con maggiore precisione rispetto a quanto ottenuto dalle singole feature. Il metodo proposto è stato testato su un muro campione di trachite con giunti di malta, con una cavità centrale rappresentante un macrodifetto da identificare.

- **Analisi di sensitività[2]**

È stata valutata l'influenza della posizione relativa fra trasduttori e difetti sulla precisione dei risultati ottenuti. La messa a punto del sistema diagnostico è stata effettuata mediante modelli agli elementi finiti (FEM), che hanno avuto necessità di una taratura, effettuata sulla base di prove di laboratorio. Per massimizzare il rapporto segnale-rumore si è fatto ricorso a segnali chirp lineari. L'analisi in frequenza ha permesso di ridurre drasticamente i tempi di elaborazione. L'attendibilità dei valori ottenuti per le mappe dei difetti è legata alle prove in laboratorio. I campioni testati sono stati: un campione metallico, un campione di muro in calcestruzzo e un acquario di piccole dimensioni nel quale è stato possibile rilevare anche un campione di gelatina in sospensione.

- **Tomografia acustica[3][4]**

Lo scopo dell'analisi tomografica in questo ambito di ricerca è stato quello di rilevare difetti all'interno di opere murarie, sfruttando la dipendenza della velocità dell'onda acustica dalla densità media del materiale. Il problema di ricostruzione tomografica è tipicamente un problema inverso mal posto e le soluzioni sono spesso estremamente sensibili agli errori dei dati, agli errori del modello e agli errori di arrotondamento. Inoltre il problema è sovra determinato, mal condizionato e le soluzioni sono ambigue. È stato quindi implementato un nuovo algoritmo per la risoluzione del problema tomografico basato sull'ortogonalizzazione di iperpiani e proiezioni. Questo nuovo algoritmo, tramite una procedura diretta, è in grado di trovare una soluzione che minimizza l'errore quadratico medio. Utilizzando un benchmark

noto per la tomografia 2D, le prestazioni dell'algoritmo sono state dapprima confrontate con quelle dei tradizionali metodi iterativi algebrici. Successivamente, l'algoritmo è stato applicato a un caso reale (rappresentato da un muro in calcestruzzo con una cavità centrale rappresentante il difetto) considerando la propagazione dell'onda acustica che attraversa una data sezione. Sfruttando le simulazioni numeriche (che hanno permesso di modellizzare differenti configurazioni con diverse posizioni degli emettitori e dei ricevitori) e analizzando il numero di condizionamento delle matrici di equazioni che descrivono i diversi problemi simulati, è stato possibile dimostrare l'importanza della posizione dei trasduttori nell'analisi tomografica. Scelta la configurazione ideale, è stato infine applicato l'algoritmo al caso reale. Sia i risultati numerici che quelli sperimentali hanno mostrato che il nuovo algoritmo permette di identificare l'anomalia nel muro campione.

- **Tomografia capacitiva [5]**

La tomografia capacitiva (Electric Capacitance Tomography-ECT) consiste nella ricostruzione del profilo di permittività di un mezzo isolante, sulla base di misure di capacità effettuate sulla superficie esterna. Poiché la permittività di un mezzo cambia se in questo sono presenti difetti, è possibile associare profili anomali di permittività alla presenza di difetti. Un nuovo approccio è stato sviluppato dall'unità di Cagliari per la risoluzione di problemi inversi di tomografia capacitiva bidimensionale. In particolare è stata migliorata la risoluzione spaziale del metodo ECT per il test di componenti polimerici preservando la risoluzione temporale e il tempo di calcolo. I dati ottenuti da tecniche agli elementi finiti sono stati utilizzati per addestrare una rete neurale artificiale Multi Layer Perceptron per risolvere il problema diretto che consiste nel calcolare la capacità (Output) data la permittività di un materiale con difetti in diverse posizioni e diverse dimensioni (Input). Per testare il materiale occorre risolvere un problema inverso in quanto in base alle misure di capacità deve essere possibile risalire alla posizione e alla dimensione del difetto. Per fare questo è stata quindi sfruttata la rete neurale precedentemente addestrata invertendola al posto del problema stesso. I risultati ottenuti hanno mostrato una buona accuratezza nell'individuazione dei difetti.

BIBLIOGRAFIA

- [1] B. Cannas, S. Carcangiu, G. Concu, A. Fanni, R. Forcinetti, A. Montisci, G. Sias, N. Trulli & M. Usai (2013), "Ultrasonic Testing of Masonry Structures by Features Extraction and Self Organising Maps", *International Journal of Civil Engineering and Building Materials*. (ISSN 2223-487X) Vol. 3 No.4 2013.
- [2] M. Usai, A. Medda (2013) "Sensitivity analysis of test signal with respect to the transducers position in ultrasonic NDT testing," *12th International Conference "Application of Contemporary Non-destructive testing in Engineering"*, Slovenia, September 4th-6th, 2013.
- [3] B. Cannas, S. Carcangiu, G. Concu, A. Fanni, R. Forcinetti, A. Montisci (2013). "HOPs: a new tomographic reconstruction algorithm for non destructive acoustic testing of concrete structures", *International Journal of Civil Engineering and Building Materials* (ISSN 2223-487X) to be published.
- [4] S. Carcangiu, A. Montisci, M. Raugi, M. Tucci (2013). "Optimization of the set of path-rays in linear tomography", *Digital Signal Processing (DSP)*, 2013 *18th International Conference on* , pp.1,6, 1-3 July 2013.
- [5] S. Carcangiu, A. Montisci (2013) "A neural network based approach to solve the electrical capacitance tomography inverse problem", *12th International Conference titled "Application of Contemporary Non-destructive testing in Engineering"*, Portoroz, September 4-6, 2013.