

# **TECNICHE DI FEATURE EXTRACTION E CLASSIFICAZIONE PER LA DIAGNOSTICA NON DISTRUTTIVA E SISTEMI PLC**

*G. Acciani, V. Amoruso, G. Fornarelli, A. Giaquinto*

Dipartimento di Elettrotecnica ed Elettronica

Politecnico di Bari

Via E. Orabona, 4 - 70125 Bari

In quest'ultimo anno una parte dell'attività di alcuni dei ricercatori del gruppo di Elettrotecnica di Bari è stata inquadrata nell'ambito del progetto PS134 "Ricerca e Sviluppo di Metodologie per la Meccanica Sperimentale e la Diagnostica Strutturale", progetto che si è chiuso proprio in questo periodo.

Partendo dalle pregresse competenze acquisite dal gruppo, il lavoro di ricerca è stato focalizzato sullo sviluppo e sull'applicazione di metodi di soft-computing al campo della diagnosi non distruttiva. In particolare, sono stati ulteriormente individuati e sviluppati metodi per il rilevamento della presenza di difetti su tubazioni non accessibili in acciaio oppure in strutture costituite da materiali tipici per la costruzione, come il calcestruzzo, e metodi per la valutazione della qualità di prodotti industriali.

Le tecniche di indagine per effettuare l'individuazione della presenza di difetti sono state basate sui fenomeni propagativi di natura ondulatoria in mezzi solidi. Negli ultimi anni, infatti, le tecniche non distruttive che sfruttano la propagazione di onde ultrasoniche, si sono rivelate di particolare interesse nei campi di applicazione citati.

Nel caso delle tubazioni non accessibili l'analisi è stata mirata alla determinazione della presenza, della posizione e delle dimensioni di eventuali difetti interni o esterni alle strutture stesse [1]. Con lo scopo di perseguire tale obiettivo viene fatto uso dell'informazione trasportata dalla forma d'onda riflessa dai difetti e ricevuta da un trasduttore o un insieme di essi. A questo proposito sono stati perseguiti due principali obiettivi: il primo consiste nella selezione delle feature che meglio rappresentano i dati e del classificatore più idoneo ad identificare le difettosità, mentre il secondo è rappresentato dalla valutazione dei metodi più adatti alla riduzione della dimensionalità delle feature stesse. Questa ricerca, ha prodotto risultati nuovi e interessanti attraverso l'impiego della Trasformata Wavelet e algoritmi di ottimizzazione i quali si sono rivelati di notevole interesse anche nell'ambito delle indagini sulle strutture murarie.

Nel caso specifico delle strutture in calcestruzzo la determinazione della posizione dei difetti è stata basata su una preliminare classificazione della loro collocazione. Questa classificazione è ottenuta con una metodologia che sfrutta le capacità di rappresentazione delle forme d'onda considerate sia attraverso parametri tempo-frequenza, sia attraverso i coefficienti wavelet. Tali rappresentazioni vengono, dapprima, trattate attraverso metodi basati su algoritmi genetici, i quali selezionano le feature più significative per la classificazione. Successivamente, la posizione dei difetti viene accuratamente individuata in modo automatico mediante una tecnica basata sul calcolo dei tempi di volo. Le soluzioni prodotte presentano il notevole vantaggio di automatizzare il lavoro degli esperti, consentendo la diagnosi in particolare su murature o pilastri in calcestruzzo senza richiedere tecniche e metodologie invasive e costose anche da un punto di vista economico [2].

L'attenzione relativa ai vantaggi sopra citati è stata rivolta anche nel campo dell'analisi di sistemi e di prodotti di tipo industriale con lo scopo di individuarne le eventuali difettosità e di valutarne la qualità. In particolare, è stata sviluppata una ricerca in relazione alle tecniche più

idonee per la diagnosi della qualità delle saldature nel processo produttivo di circuiti PCB prodotti con tecnologia SMT. Tale studio ha permesso un raffinamento delle capacità di analisi in tale ambito grazie all'utilizzo di tecniche che coinvolgono la logica fuzzy. Oltre ad automatizzare il lavoro di esperti, le tecniche progettate permettono una valutazione della qualità dei prodotti in questione senza l'esigenza di utilizzare complessi sistemi di acquisizione che innalzano i costi della produzione [3].

L'esperienza maturata nei campi precedentemente descritti è stata in seguito utilizzata per condurre e portare a termine il progetto PRIN 2007 dal titolo "Studio e sperimentazione di un sistema di comunicazione ad onde convogliate in impianti elettrici navali", in cui alcuni dei ricercatori del gruppo di Elettrotecnica di Bari sono stati coinvolti. In quest'ambito è stata affrontata l'analisi e la modellizzazione di un sistema di Power Line Communication (PLC) su impianti elettrici navali. Lo scopo dello studio è stato quello di definire i parametri chiave che influenzano il modello di questi sistemi nella specifica applicazione considerata e le peculiarità relative al modo in cui i rumori, in esso generati, incidono sulla qualità della trasmissione dell'informazione. Nel dettaglio è stato affrontato il problema del riconoscimento e della classificazione del rumore attraverso l'uso di tecniche avanzate di *signal processing* basate su metodi statistici e neuro-fuzzy. I risultati ottenuti hanno permesso di paragonare tra loro differenti classi di rumore e individuare con buona accuratezza le proprietà di sensibilità di questi sistemi alle variazioni dovute ai diversi tipi di carichi presenti sulla linea e ai diversi rumori introdotti [4]. Sulla base di questi risultati è stato possibile, quindi, mettere a punto una procedura supervisionata che permette di individuare la presenza e classificare il particolare evento rumoroso che si verifica durante una trasmissione numerica nel canale analizzato [5]. I risultati ottenuti mostrano come l'approccio supervisionato e le particolari feature scelte consentano di classificare in maniera accurata le differenti tipologie di rumore che possono essere riscontrare nel sistema PLC analizzato. Pertanto, l'algoritmo sviluppato può costituire un valido ed affidabile strumento per il rilevamento di eventi rumorosi in questo tipo di sistemi.

1. G. Acciani, G. Brunetti, G. Fornarelli, A. Giaquinto: "Angular and Axial Evaluation of Superficial Defects on Non-Accessible Pipes by Wavelet Transform and Neural Network-Based Classification", *Ultrasonics*, Vol. 50, Issue: 1, Jan. 2010, pp. 13-25.
2. G. Acciani, G. Fornarelli, A. Giaquinto, D. Maiullari, "Non-Destructive Evaluation of Defects in Concrete Structures based on Finite Element Simulations of Ultrasonic Wave Propagation", *Nondestructive Testing and Evaluation*, Vol. 25 Issue 4, (December 2010), pp. 289-315 (Taylor & Francis).
3. G. Acciani, G. Fornarelli, A. Giaquinto, "A Fuzzy Method for Global Quality Index Evaluation of Solder Joints in Surface Mount Technology", *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, vol.7, No. 1, February 2011, pp. 115-124.
4. G. Acciani, V. Amoroso, G. Fornarelli, A. Giaquinto, "Numerical Analysis of Synchronous Impulsive Noise on Naval Powerline Communications", accettato per la conferenza International Symposium on Industrial Electronics (ISIE 2010), 4-7 July 2010, Bari, Italy.
5. G. Acciani, V. Amoroso, G. Fornarelli, A. Giaquinto, "A Supervised Method for the Automatic Detection of Impulsive Noise in Naval Powerline Communications", International Symposium on Power Line Communications and its Applications (ISPLC 2011), 3-6 April 2011, Udine, Italy, pp. 90-95.