



## **Metodologie spettrali per la stima della vita a fatica di telai per carrelli elevatori soggetti a carichi non stazionari**

*Wednesday 2 September 2026 10:45 (15 minutes)*

La progettazione a fatica dei telai per carrelli elevatori controbilanciati richiede l'analisi di storie di carico di natura pseudo-aleatoria e severa. Il presente lavoro, condotto in collaborazione con Toyota Material Handling Manufacturing Italy (TMHMI), affronta la sfida di ottimizzare i processi di validazione strutturale attraverso l'integrazione di metodi nel dominio della frequenza.

Il metodo tradizionale nel dominio del tempo, basato sull'algoritmo di conteggio Rainflow, garantisce elevata affidabilità ma risulta computazionalmente oneroso durante la validazione virtuale (FEA/MBS). I metodi spettrali nel dominio della frequenza offrono un'alternativa altamente efficiente, permettendo la stima della vita a fatica direttamente a partire dalla Densità Spettrale di Potenza (PSD). Tuttavia, la teoria spettrale classica (es. Dirlik, Tovo-Benasciutti) assume che il segnale sia stazionario. L'applicazione diretta a profili di collaudo complessi, tipicamente caratterizzati da marcata non-stazionarietà, invalida tale ipotesi e conduce a stime del danno inaffidabili.

Questo studio presenta l'impostazione di una metodologia avanzata atta a identificare, quantificare e gestire la non-stazionarietà nei segnali acquisiti durante le procedure di validazione strutturale interne aziendali. La ricerca si articola in fasi sequenziali, partendo dall'identificazione delle fluttuazioni del segnale tramite approcci congiunti tempo-frequenza (come la Trasformata di Fourier a Breve Termine, STFT) e test statistici rigorosi (come il Run Test di Wald-Wolfowitz).

Per il calcolo del danno nel dominio della frequenza, il lavoro valuta e confronta le principali strategie di segmentazione presenti in letteratura. Da un lato, viene esplorato l'approccio macroscopico dei carichi switching (calcolo per partes), in cui il segnale viene frammentato in stati localmente stazionari, pesando il danno complessivo in base al tempo di permanenza in ciascuno stato. Dall'altro, viene indagata l'applicabilità dell'approccio microscopico short-time, in cui l'ampiezza delle finestre di calcolo viene dinamicamente correlata alle proprietà intrinseche della struttura, come la Funzione di Risposta all'Impulso (IRF).

Le stime del danno nel dominio della frequenza, considerate con opportuni intervalli di confidenza statistici, sono sistematicamente confrontate con l'approccio Rainflow nel dominio del tempo, assunto come riferimento.

**Primary author:** PINELLI, Marco (UNIPi)

**Co-authors:** MAMMINI, Federico (Università di Pisa); BUCCHI, Francesco (Dipartimento di Ingegneria Civile e Industriale - Università di Pisa); Prof. FRENDI, Francesco (Università di Pisa); SGAMMA, Michele (Università di Pisa)

**Presenter:** PINELLI, Marco (UNIPi)

**Session Classification:** Automotive

**Track Classification:** Automotive