



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

Metodologie evolute di diagnostica e prognostica per applicazioni industriali

Nell'ambito di "Industria 4.0" e del nuovo trend "Industria 5.0", vi è sempre un maggiore interesse ad introdurre sistemi ed algoritmi che consentano di monitorare in modo continuativo ed automatico la "condizione di salute" di macchine e impianti. Questo può essere basato sull'analisi di misure e informazioni provenienti dai sistemi di controllo di processo già intrinsecamente presenti, può essere ottenuto attraverso "sovrasensorizzazione" o può essere realizzato con una combinazione di questi due approcci a cui eventualmente aggiungere "dati operativi di alto livello" (es: modalità di funzionamento dell'impianto o della macchina, tipo di "ricetta" eseguita). Le tecniche più utilizzate per realizzare questa funzionalità, detta Condition Monitoring, sono basate su learning legato all'analisi dei dati, vista la difficile trattabilità dei fenomeni fisici coinvolti in termini di generazione di modelli dalle leggi della fisica.

La disponibilità di questo tipo di informazione sullo stato corrente di salute rappresenta la base su cui costruire una ulteriore ambiziosa evoluzione: la capacità di predire il tempo rimanente prima che un lieve degrado si tramuti in un fault e quindi in un failure significativo per la macchina o l'impianto (tale tempo viene detto Remaining Useful Life - RUL). Questa è una informazione fondamentale in ottica Predictive Maintenance.

Il presente assegno di ricerca si inquadra in un Progetto (legato a diverse attività del gruppo ACTEMA del DEI, <https://dei.unibo.it/en/research/research-groups/actema>, anche in collaborazione con diversi enti e nell'ambito di progetti EU, come AI-REDGIO5.0), la cui ambizione è duplice:

- Approfondire le tecniche di condition monitoring, abbinando metodologie Model of Signals dal mondo della System Identification per la feature-extraction (più adatte a sistemi dinamici e che consentono l'inserimento di insights ingegneristici), con tecniche di machine learning, statistical learning e artificial intelligence. Particolare attenzione viene posta alla definizione di approcci che consentano un "learning continuativo", ovvero: che consentano di avere già



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

primi risultati con una base dati ridotta, per poi avere un progressivo affinamento. Questo scenario è particolarmente adatto ai domini come quello delle macchine automatiche dove il numero di esemplari oggetto di studio è limitato. In particolare, si esplorano anche soluzioni di training/validation basate sulla generazione di dati sintetici, secondo modelli qualitativi/quantitativi, a diverso grado di dettaglio, legati alla interpretazione dell'esperto di dominio e/o ai dati parziali "dal campo" e/o alla fisica del processo. In particolare, per questo secondo caso, si considerano anche approcci alla diagnostica/condition monitoring di tipo model based. Oltre a tutto quanto riportato in precedenza, si mira a definire soluzioni che producano risposte con un significato probabilistico, ovvero che semplifichino la definizione di soglie decisionali da parte di utenti non esperti di dominio.

- Studiare tecniche di "prognostica" per la stima della Remaining Useful Life basate su metodologie solide a chiara interpretazione probabilistica. Anche in questo caso sarà fondamentale un approccio che consenta di partire da una base dati esigua ed una eventuale "conoscenza pregressa" (anche eventualmente legata a concetti di "transfer learning"), per poi raffinare i risultati man mano nuovi dati saranno presenti.

Le fasi in cui si articolerà l'attività che caratterizzerà l'assegnato di ricerca saranno pertanto le seguenti (portate avanti col team di lavoro dedicato al Progetto):

- 1) Analisi e sviluppo di soluzioni per la realizzazione di sistemi di condition monitoring, secondo le caratteristiche sopra esposte; in particolare si analizzeranno vari tool di tipo statistico e di machine learning, ponendo attenzione a metodi di inferenza Bayesiana e combinazioni innovative con approcci model-based.
- 2) Studio di soluzioni basate su modelli markoviani di tipo nascosto (Hidden Markov Models) per la rappresentazione dei modelli di evoluzione verso il guasto per la predizione della Remaining Useful Life. Per l'identificazione dei parametri di tali modelli si prevede di partire da tecniche di tipo Bayesiano.

Nelle suddette fasi, si porrà particolare attenzione alle piattaforme implementative, tentando di sfruttare al meglio i paradigmi di Edge computing e di combinazione Edge/Cloud



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA DELL'ENERGIA ELETTRICA
E DELL'INFORMAZIONE "GUGLIELMO MARCONI"

computing; inoltre, si mirerà, per quanto possibile, a sviluppare anche procedure e tool di ausilio alla progettazione che possano essere usati in diverse applicazioni.