



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

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

Modellazione, diagnostica e controllo di sistemi di automazione e mecatronici avanzati: metodi, algoritmi, strumenti e piattaforme.

Tutor: Andrea Tilli

Nell'ambito di "Industria 4.0" e della sua evoluzione verso l'"Industria 5.0", cresce l'interesse per l'introduzione di sistemi e algoritmi che permettano di monitorare continuamente e automaticamente la "condizione di salute" di macchine e impianti. Questo monitoraggio può basarsi sull'analisi di misurazioni e informazioni provenienti dai sistemi di controllo di processo già esistenti, può essere ottenuto attraverso una "sovrasensorizzazione" o realizzato combinando questi due approcci, eventualmente integrando anche "dati operativi di alto livello" (es. modalità di funzionamento dell'impianto o della macchina, tipo di "ricetta" eseguita).

Le tecniche più utilizzate per implementare questa funzionalità, nota come Condition Monitoring, sono spesso basate sull'apprendimento derivato dall'analisi dei dati, vista la complessità di modellare completamente i fenomeni fisici coinvolti utilizzando solo le leggi della fisica. Tuttavia, una conoscenza preliminare, anche se parziale, della "fisica del sistema" è solitamente disponibile. Pertanto, è auspicabile combinare approcci di tipo data-driven learning con metodi di modellazione basati sulla fisica.

La disponibilità di una funzione di Condition Monitoring, che ricostruisce informazioni sullo stato di salute corrente, rappresenta la base per un'evoluzione ambiziosa: la capacità di predire il tempo rimanente prima che un lieve degrado si trasformi in un guasto significativo per la macchina o l'impianto (conosciuto come Remaining Useful Life - RUL). Questa informazione prognostica è cruciale per la manutenzione predittiva.

Parallelamente, è importante integrare queste funzionalità in sistemi mecatronici e di automazione avanzati e complessi, sviluppando un nuovo paradigma di concezione, realizzazione e controllo dei servomeccanismi, basato su un design-space ampliato reso possibile dalla manifattura additiva e dalle piattaforme di edge computing. Tutto ciò con

DIREZIONE E AMMINISTRAZIONE

Viale del Risorgimento, 2 | 40136 Bologna | Italia | Tel. + 39 051 2093001 | dei.amministrazione@unibo.it

UNITA' OPERATIVA DI SEDE:

Via dell'Università, 50 | 47522 Cesena | Italia | Tel. + 39 0547339200



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

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

l'obiettivo di minimizzare i consumi energetici, ampliare le funzionalità e migliorare le prestazioni (vedi il progetto ACMEC – acmec.it e il video riassuntivo del progetto: <https://www.youtube.com/watch?v=9phOQwwB4I4>). In questo contesto, le funzioni di condition monitoring e di prognostica non si applicano più solo ai sistemi "tradizionali", ma sono integrate in sistemi mecatronici innovativi, per i quali diventano fondamentali a causa della loro complessità e potenzialità avanzate.

Alla luce di quanto sopra riportato, 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), la cui ambizione è la seguente:

- Approfondire le tecniche di condition monitoring, combinando metodologie di modellazione physics-based (spesso indicate come "model-based") e model of signals per la feature-extraction, con tecniche di machine learning, statistical learning e artificial intelligence. Particolare attenzione sarà posta a definire approcci che permettano un "learning continuativo" e il "transfer learning", ottenendo risultati iniziali con una base dati ridotta e poi affinando progressivamente. Questo è particolarmente rilevante per domini come le macchine automatiche e l'industria di processo (es. sistemi di produzione degli asfalti) dove il numero di esemplari studiati è limitato. Si esploreranno anche soluzioni di training/validation basate sulla generazione di dati sintetici, secondo modelli qualitativi/quantitativi, interpretazioni degli esperti di dominio e/o dati parziali "dal campo" e/o fisica del processo. Particolare importanza verrà data anche ad approcci model-based per la diagnostica/condition monitoring. Sarà inoltre fondamentale definire soluzioni che forniscano risposte con significato probabilistico, facilitando la definizione di soglie decisionali per utenti non esperti.
- Studiare tecniche di prognostica per stimare la Remaining Useful Life, basate su metodologie solide e di chiara interpretazione probabilistica. Anche in tale ambito, sarà fondamentale partire da una base dati esigua e una eventuale "conoscenza pregressa"

DIREZIONE E AMMINISTRAZIONE

Viale del Risorgimento, 2 | 40136 Bologna | Italia | Tel. + 39 051 2093001 | dei.amministrazione@unibo.it

UNITA' OPERATIVA DI SEDE:

Via dell'Università, 50 | 47522 Cesena | Italia | Tel. + 39 0547339200



ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

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

(legata eventualmente a concetti di "transfer learning"), per poi affinare i risultati man mano che nuovi dati diventano disponibili.

- Eventualmente, utilizzare i modelli prodotti a punti precedenti anche per lo sviluppo di sistemi di controllo a prestazioni più evolute di quelli tradizionali.
- Integrare i risultati ottenuti nei punti precedenti nelle piattaforme di calcolo per il deployment finale delle soluzioni e nelle infrastrutture di supporto alla progettazione e all'analisi. L'obiettivo è la progettazione e la realizzazione di sistemi di monitoraggio, ed eventualmente controllo evoluto, per impianti tradizionali e sistemi innovativi. È fondamentale porre particolare attenzione alla gestione della pipeline dei dati, specificando e ottenendo un "modello di esecuzione" chiaro e ripetibile, con vincoli in tempo reale quando necessario, oltre a una corretta marcatura e sincronizzazione temporale dei dati.

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 tecniche di modellazione miste physics-driven / data-driven per sistemi elettromeccanici complessi (con particolare attenzione al dominio macchine automatiche) in condizioni nominali e in condizioni degradate.
- 2) Definizione di algoritmi per l'analisi delle condizioni di funzionamento dei sistemi considerati e iniziale verifica simulativa.
- 3) Verifica, revisione e messa a punto, alla luce di dati sperimentali ottenuti da casi pilota nell'ambito di collaborazioni con enti e aziende.
- 4) Eventuale sviluppo e implementazione di tecniche di controllo avanzate per sistemi mecatronici complessi (con particolare attenzione al settore macchine automatiche):

DIREZIONE E AMMINISTRAZIONE

Viale del Risorgimento, 2 | 40136 Bologna | Italia | Tel. + 39 051 2093001 | dei.amministrazione@unibo.it

UNITA' OPERATIVA DI SEDE:

Via dell'Università, 50 | 47522 Cesena | Italia | Tel. + 39 0547339200