

Manutenzione predittiva in sistemi industriali

Alessandro Cimatti, Marco Roveri, Piergiorgio Svaizer

Fondazione Bruno Kessler, Trento, Italy

Sistemi intelligenti che minimizzano i costi di manutenzione

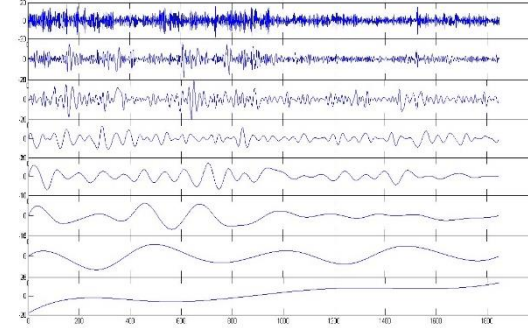


☐ Valutazione automatica del grado di usura delle singole parti di complesse apparecchiature industriali

☐ Predizione dell'evoluzione del loro degrado

☐ Impiego di sensori e di sofisticati modelli statistici

☐ Integrazione tra misure fisiche e rappresentazioni simboliche di sistema

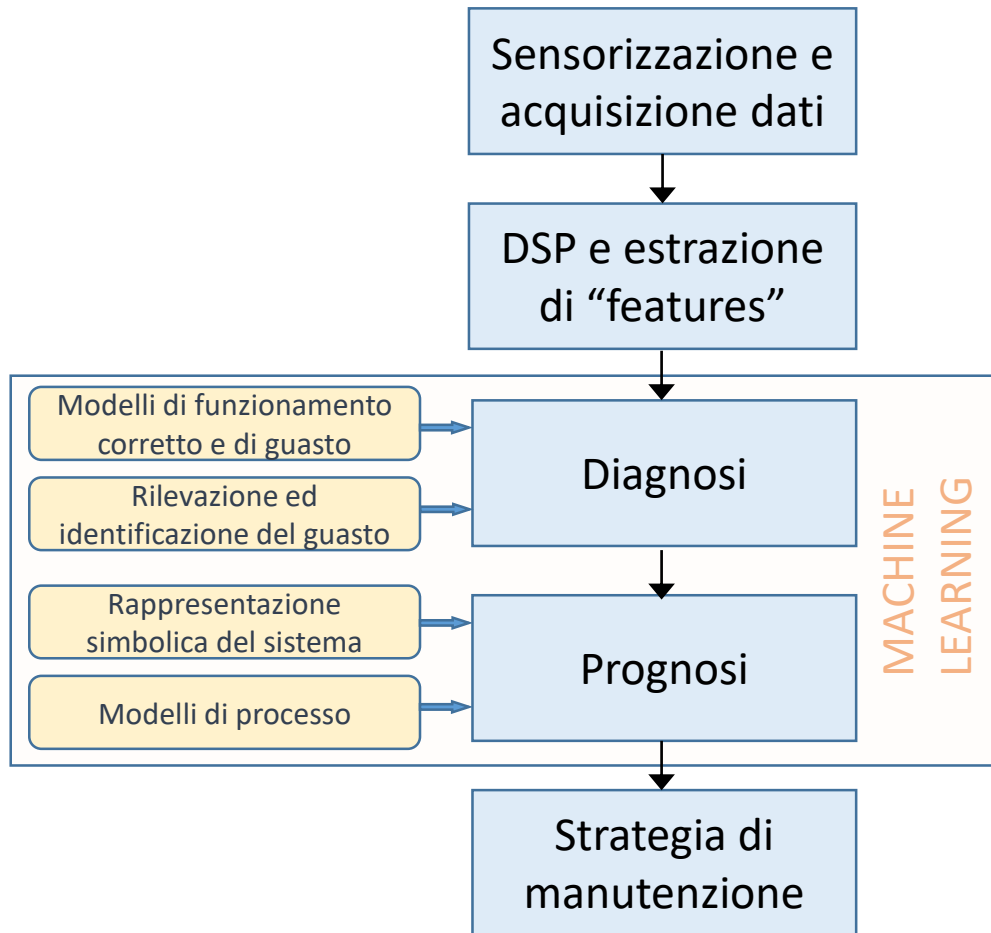


L'impiego di **sensori** di varia tipologia (per misurare vibrazioni, suono, temperatura, pressione, corrente assorbita, spostamento meccanico...) consente di misurare le **grandezze fisiche** che caratterizzano le **condizioni di funzionamento** di un dispositivo.

La selezione, l'estrazione e la trasformazione di queste "features" richiedono tecniche avanzate di **signal processing**, volte a rilevare anche **effetti non-lineari** e **non-stazionari** dovuti ad usura o deterioramento delle parti meccaniche.

Features significative considerate per una accurata **analisi tempo/frequenza** delle vibrazioni misurate da accelerometri vengono estratte con:

- Banche di filtri selettivi sulle frequenze critiche
- Empirical mode decomposition (EMD) + Hilbert-Huang Transform (HHT)
- Analisi spettrale con constant-percentage-bandwidth (CPB)



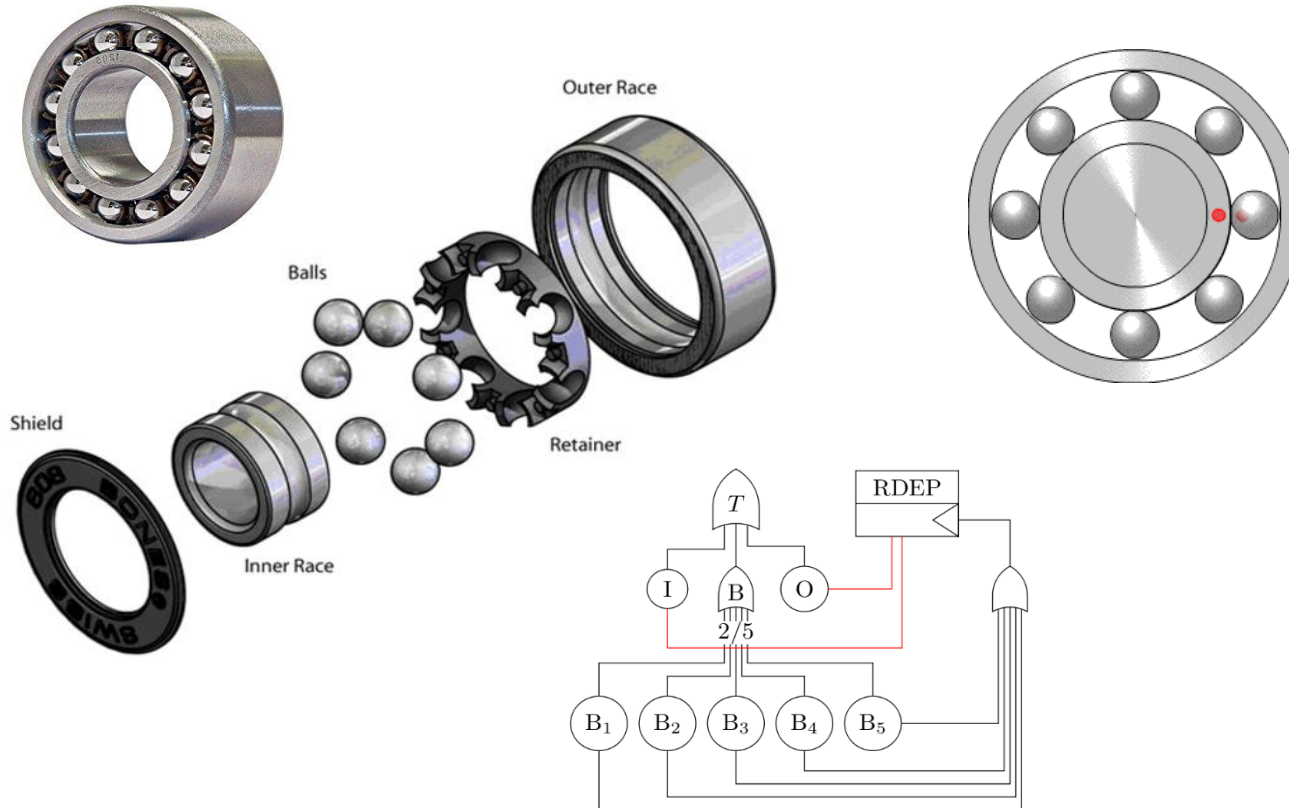
Le features estratte vengono preelaborate con metodi di riduzione della dimensionalità (es. PCA) e, sulla base di dataset rappresentativi e tecniche di machine-learning, consentono di creare **modelli** per:

- **classificazione** delle condizioni di usura dei dispositivi
- **rilevazione** di eventi anomali
- **regressione** del tempo di vita residuo

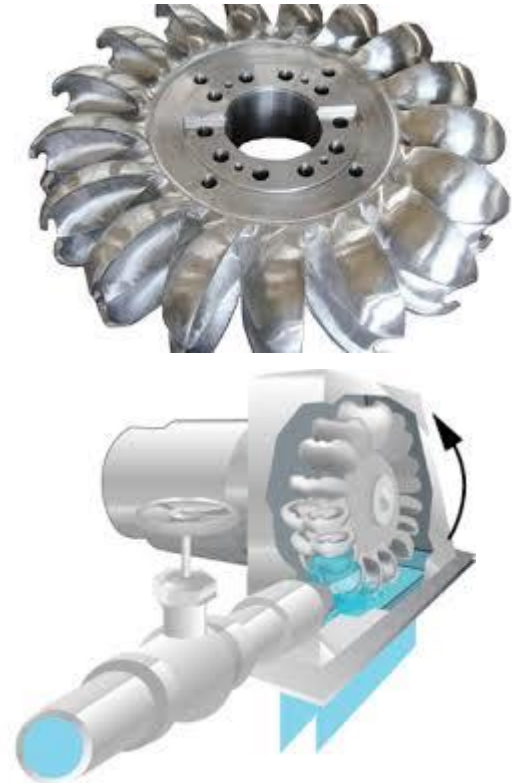
Le strategie per la **manutenzione predittiva** di sistemi complessi richiedono una **rappresentazione simbolica** dei sottosistemi costituenti, delle loro interdipendenze e della possibile propagazione dei guasti

I modelli addestrati con le tecniche di machine-learning consentono di diagnosticare lo stato di usura e prevedere la sua evoluzione. Si possono così individuare per tempo i potenziali guasti e pianificare le contromisure.

- ❑ Analisi vibrazionale di cuscinetti a sfera sottoposti ad usura su banchi di prova.
- ❑ Rilevazione del degrado e stima del tempo di vita residuo



- ❑ Monitoraggio delle condizioni di funzionamento di turbine per la generazione idroelettrica.
- ❑ Correlazione tra grandezze fisiche misurate, modelli strutturali di sistema e modelli di processo.



Criticità

- Possibilità di creare o simulare realisticamente le varie tipologie di guasto
- Necessità di archivi di dati rappresentativi delle varie condizioni di funzionamento
- Posizionamento ed integrazione di sensori adatti a misurare le grandezze fisiche informative
- Sufficiente dettaglio nella conoscenza della strutturazione fisica e logica di sistemi industriali complessi

Prospettive future

- Impiego di sensori miniaturizzati integrabili in sottosistemi dotati di capacità di calcolo autonome (sensorizzazione intelligente distribuita)
- Ricorso ai più avanzati metodi di machine-learning per costruire accurati modelli statistici in grado di identificare i potenziali guasti con largo anticipo
- Progresso nell'integrazione di rappresentazioni simboliche di sistema volte a migliorare la predizione dei singoli guasti e delle loro conseguenze, e a ridurre i tempi di addestramento dei modelli statistici.