

# FAULT DIAGNOSIS: ASPETTI GENERALI E APPLICAZIONI

**L'IDENTIFICAZIONE DEI GUASTI E LE SUCCESSIVE AZIONI CORRETTIVE SONO OGGI PIÙ CHE MAI NECESSARIE PER AUMENTARE LA PRODUTTIVITÀ E RIDURRE, ALLO STESSO TEMPO, I COSTI OPERATIVI E DI MANUTENZIONE IN NUMEROSE APPLICAZIONI INDUSTRIALI**

G I A N L U C A   D I   B U Ò

**C**on Fault Diagnosis si descrive il processo di riconoscimento di un sistema malfunzionante mediante l'osservazione del suo comportamento. Per un'accurata diagnosi dei guasti in sistemi di ingegneria complessi, è fondamentale acquisire informazioni tramite sensori, analizzare questi dati sensoristici mediante algoritmi avanzati di elaborazione del segnale e, infine, estrarre le funzionalità adeguate per un'identificazione e una classificazione efficiente dei guasti. I metodi di apprendimento automatico (Ma-

chine Learning), che prevedono l'identificazione e la selezione delle funzioni e la classificazione dei guasti, permettono un approccio sistematico alla Fault Diagnosis e possono essere utilizzati in ambienti automatizzati e non presidiati. Queste tipologie di soluzioni sono sempre più utilizzate in molti settori industriali, manifatturiero, automobilistico, marittimo e aerospaziale, ad esempio, per massimizzare i tempi di attività delle attrezzature e minimizzare sia i costi di manutenzione sia quelli operativi.



**I motori elettrici sono tra gli apparati oggetto di studi di Fault Diagnosis**



## A COSA SERVE UNA DIAGNOSI

All'interno del controllo automatico dei sistemi tecnici, le funzioni di supervisione (Fault Diagnosis) servono a individuare stati di processo indesiderati o non ammessi e adottare misure appropriate per non interrompere l'operazione ed evitare danni o incidenti. Con lo sviluppo di sistemi di controllo automatico sempre più complessi, sono quindi necessari algoritmi di controllo sempre più sofisticati. Come conseguenza, aumenta la domanda di tolleranza ai guasti, che può essere raggiunta migliorando l'affidabilità individuale delle unità funzionali e con efficienti rilevazione, isolamento e sistemazione dei guasti.

Un guasto è un qualsiasi tipo di malfunzionamento nel sistema dinamico che porta a prestazioni complessive del sistema inaccettabili. Tali malfunzionamenti possono verificarsi nei sensori, negli attuatori o nei componenti del processo. Rispetto ai diversi ambiti nei quali possono verificarsi i guasti, è possibile distinguere tra: "rilevamento guasti strumento"; "rilevamento guasti attuatore"; "rilevamento guasti componenti".

## FUNZIONI E METODI DEL PROCESSO DI FAULT DIAGNOSIS

Nel processo di Fault Diagnosis, è possibile classificare diverse funzioni, come segue:

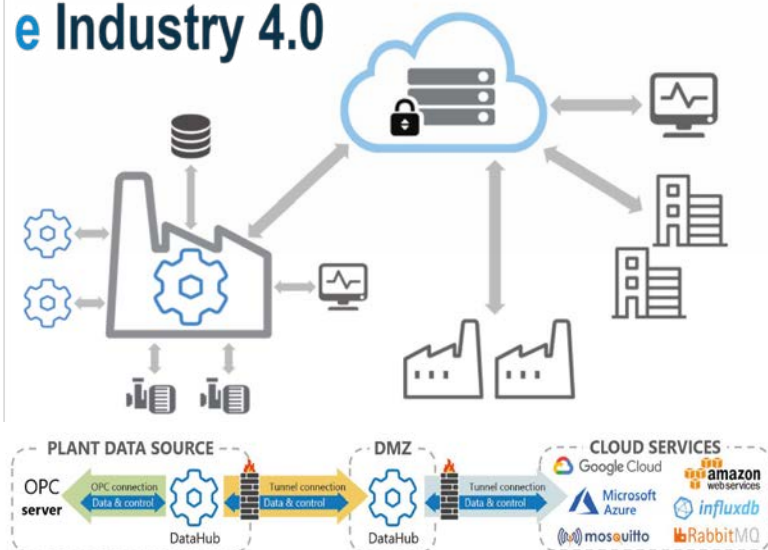
- monitoraggio: le variabili misurabili vengono verificate rispetto alle tolleranze e vengono generati allarmi per l'operatore;
- protezione automatica: nel caso di uno stato di processo pericoloso, la funzione di monitoraggio avvia automaticamente una misura di protezione appropriata;
- supervisione con diagnosi dei guasti: in base alle variabili misurate, le caratteristiche vengono calcolate; i sintomi vengono generati tramite il rilevamento delle modifiche; viene eseguita una diagnosi dei guasti e vengono prese le decisioni per le azioni da adottare.

I metodi classici (a) e (b) sono adatti per la supervisione generale dei processi. Per impostare le tolleranze, è necessario scendere a compromessi tra la dimensione di rilevazione di deviazioni anomale e gli allarmi non necessari a causa delle normali fluttuazioni delle variabili. Più frequentemente, viene applicato un semplice controllo del valore limite, che funziona particolarmente bene se il processo lavora approssimativamente in uno stato stabile.

Tuttavia, la situazione diventa più complessa se il punto operativo del processo cambia rapidamente, come nel caso di sistemi dinamici. Inoltre, in presenza di circuiti chiusi, i cambiamenti nel processo sono coperti da azioni di controllo e non possono essere rilevati dai segnali di uscita, purché gli ingressi di processo manipolati rimangano nel range normale. Pertanto, i sistemi di feedback ostacolano il rilevamento precoce degli errori di proces-



## Streaming dei tuoi dati ovunque: comunicazione sicura dei dati in tempo reale per l'IoT industriale e Industry 4.0



- **Versatile** – si connette con qualsiasi sistema SCADA o altre tecnologie ICS.
- **Real-Time** – connettività in tempo reale da e verso il campo
  - **Dashboard unica** – visualizzazione unificata
- **Sicuro** – nessuna porta firewall in entrata aperta e nessuna VPN

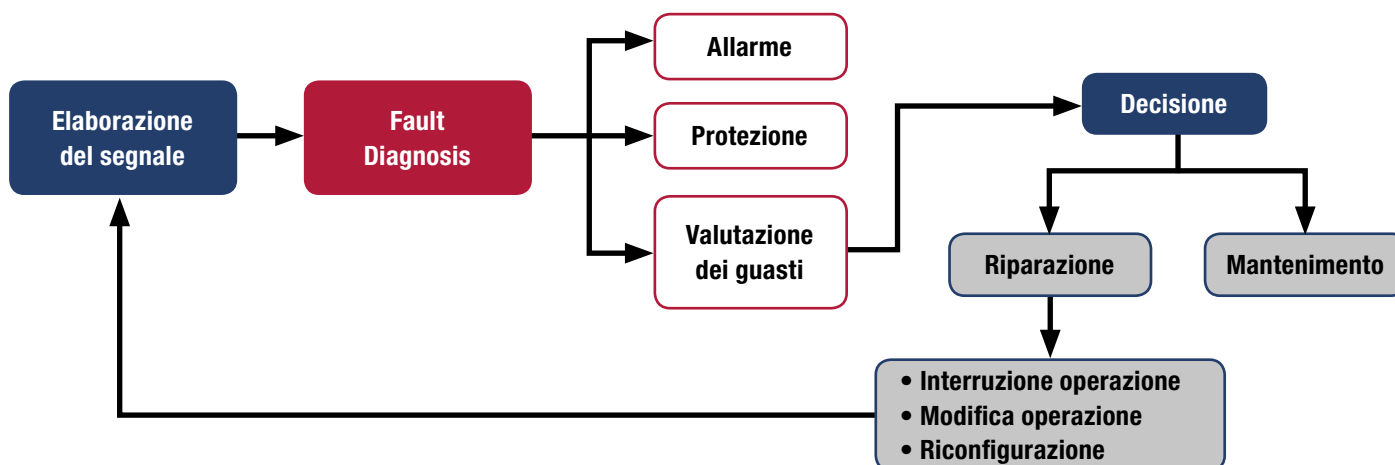
## PERCHE' SCEGLIERE SKKYNET?

Criteria	MQTT	AMQP	REST	OPC UA	DHTP
Closed Firewalls	Yes	Yes	Yes	No	Yes
Low Bandwidth & Low Latency	Yes	Yes	No	Partial	Yes
Ability to Scale	Yes	Yes	No	Partial	Yes
Real-Time	Partial	Partial	No	Yes	Yes
Interoperable Data Format	No	No	No	Yes	Yes
Intelligent Overload Handling	No	No	No	No	Yes
Can Daisy Chain Servers	Fragile	Fragile	No	No	Yes
Propagation of Failure Notification	Fragile	Fragile	No	No	Yes
Quality of Service	Fragile	Fragile	No	Partial	Yes

**SKKYNET**  
Connect Differently.

distribuito in Italia da  
**Servitecno**  
www.servitecno.it

## ESEMPIO DI UN CICLO DI ANALISI E AZIONE SU FAULT DIAGNOSIS



so. Il grande vantaggio dei metodi classici di supervisione basati sul valore limite è nella loro semplicità e nella loro affidabilità. Tuttavia, sono in grado di reagire solo dopo un cambiamento relativamente grande di una funzione, ovvero dopo un improvviso e grande imprevisto o un errore che progressivamente aumenta la durata del processo. In più, solitamente, non è possibile una diagnosi approfondita dei guasti.

Sono dunque necessari metodi avanzati di supervisione e diagnosi dei guasti (c), che soddisfino i seguenti requisiti: rilevamento tempestivo di piccoli guasti con comportamento temporale improvviso; diagnosi di guasti nell'attuatore, nei componenti di processo o nei sensori; rilevamento di guasti in circuiti chiusi; supervisione dei processi negli stati transitori.

### TRA MODELLAZIONE MATEMATICA E RIDONDANZA ANALITICA

L'obiettivo del rilevamento e della diagnosi precoce è disporre di tempo sufficiente per riconfigurare, mantenere o riparare. La rilevazione può essere ottenuta raccogliendo più informazioni, in particolare utilizzando la relazione tra le quantità misurabili sotto forma di modelli matematici.

Per la diagnosi dei guasti, è necessario invece utilizzare la conoscenza delle relazioni causa-effetto. A tal proposito, negli ultimi due decenni, la ricerca di base sulla Fault Diagnosis ha raggiunto una considerazione crescente in tutto il mondo. Questa crescita è stata spinta dall'attuale tendenza dell'automazione verso un livello sempre maggiore di complessità e dalla parallela domanda di maggiore fruibilità e sicurezza dei sistemi di controllo.

Tuttavia, un forte impulso viene anche dalla moderna teoria del controllo che ha prodotto potenti tecniche di modellazione matematica, stima dello stato e identificazione dei parametri, rese pos-

sibili dai progressi nella tecnologia informatica. Nel corso di questo sviluppo è emersa una nuova filosofia per la metodologia della Fault Diagnosis che si basa sull'uso della ridondanza analitica piuttosto che fisica. Ciò implica che la ridondanza intrinseca contenuta nelle relazioni statiche e dinamiche tra gli ingressi di sistema e gli output misurati venga sfruttata per il rilevamento e l'isolamento dei guasti. In altre parole, si fa uso di un modello matematico del sistema o di parti di esso.

Oltre all'approccio di ridondanza fisica, che va d'accordo con la semplice logica di voto a maggioranza, l'approccio di ridondanza analitica e l'approccio basato sulla conoscenza richiedono tecniche avanzate di elaborazione delle informazioni, come la stima dello stato, la stima dei parametri, il filtro adattivo, la logica della soglia variabile, la teoria delle decisioni statistiche, il riconoscimento di schemi, il ragionamento euristico e varie operazioni logiche, che possono essere eseguite su un computer. Il fascino dell'approccio analitico risiede nel fatto che la ridondanza esistente può essere semplicemente valutata mediante elaborazione delle informazioni in condizioni operative ben determinate, senza la necessità di una strumentazione fisica aggiuntiva nell'impianto. Esiste però un prezzo da pagare per questo vantaggio nell'uso del modello matematico: non solo sono necessarie molte più spese computazionali per la modellazione on-line del processo, ma sorge anche un problema molto più grave, quello della sensibilità del sistema di rilevamento rispetto agli errori di modellazione che non sono assolutamente evitabili nella pratica. L'effetto degli errori di modellazione oscura l'effetto dei guasti ed è quindi una fonte di falsi allarmi. Pertanto, la sensibilità agli errori di modellazione è diventata il problema chiave nell'applicazione dei metodi di Fault Diagnosis basati sulla ridondanza analitica. ■