

Intelligenza artificiale per il Plant Asset Management

Le capacità di ragionamento delle tecnologie dell'Intelligenza Artificiale possono contribuire a migliorare la gestione degli impianti

Fulvio Roveta
Gensym Srl - Genova

Recenti studi condotti da ARC Advisory Group prevedono un tasso di crescita del 10% annuo per il mercato dei sistemi di condition monitoring e di asset management.

Secondo questa analisi la capacità di tenere sotto osservazione in tempo reale la salute delle attrezzature è la chiave per la loro ottimizzazione.

I fattori che spingono verso questo tipo di sviluppo comprendono il bisogno di ridurre i costi di manutenzione, di migliorare la capacità di previsione e di produzione e la necessità di minimizzare le fermate non pianificate dovute a guasti.

La richiesta di integrare queste applicazioni con i sistemi gestionali sta portando alla creazione del cosiddetto *Plant Asset Management*, in cui sistemi di condition monitoring, di pianificazione della manutenzione ed ERP operano in maniera coordinata, per una gestione integrata degli impianti che va dal campo alla direzione di stabilimento senza soluzione di continuità.

Quando vengono considerati di problemi di processo e di funzionamento anomalo degli impianti, si è sovente portati a pensare che i rischi principali siano quelli di incidenti più o meno gravi, con danni alle cose e, nei casi peggiori, alle persone, fermate per riparazioni e conseguente mancata produzione.

Questo è l'aspetto più eclatante ma, fortunatamente, meno ricorrente del problema.

Spesso le conseguenze di malfunzionamenti e condizioni anomale nel processo sono meno evidenti, non portano al blocco della produzione, ma possono causare comunque notevoli danni economici e, se non gestite opportunamente, degenerare in incidenti.

I costi di gestione indotti dalle anomalie nel processo hanno rappresentato una spinta consistente per l'evoluzione dell'asset management, che si è evoluto come una funzione più elevata del controllo di processo, andando ad incorporare elementi di controllo con modelli predittivi e, in tempi più recenti, con le tecniche dell'Intelligenza Artificiale, per gestire al meglio le operazioni sugli impianti e la manutenzione.

Intelligenza Artificiale ed Asset Management

In questo contesto l'Intelligenza Artificiale, ed in particolare i sistemi esperti, possono svolgere un ruolo importante e diventare una sorta di "collante" in grado di mettere in comunicazione i vari mondi dell'automazione, controllo avanzato, manutenzione e gestionale, acquisendo dati, interpretandoli e restituendoli con il valore aggiunto che l'esperienza accumulata in anni-uomo di operazioni può portare.

La conduzione degli impianti in condizioni stazionarie prevede metodi, obiettivi ed impostazioni che in genere sono ben noti e gestiti senza particolari problemi da software e strumentazioni di tipo convenzionale. Se si esplorano però condizioni operative al di fuori dell'area della stazionarietà, l'efficienza dei sistemi di controllo tradizionali può rapidamente diminuire per finire in una situazione difficile da controllare. Soluzioni software di tipo algoritmico e basate su equazioni riescono a funzionare in maniera soddisfacente sino a certi livelli, ma quando i sistemi diventano molto complessi ed interconnessi il loro impiego non è più sufficiente. Per queste ragioni le tecniche dell'intelligenza artificiale vengono sempre più usate per predire guasti prima che questi avvengano e per gestire gli inconvenienti nel processo prima che questi ab-

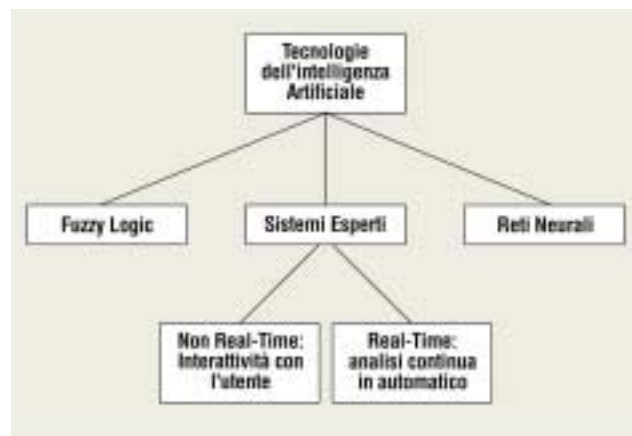


Fig. 1 Tecnologie classiche dell'Intelligenza Artificiale

biano un pesante impatto sugli uomini o sugli impianti. Se le condizioni del processo potessero essere sempre determinate con esattezza in anticipo, le normali tecniche di modellazione software sarebbero sufficienti. Tuttavia i guasti e le condizioni anomale del processo introducono sempre un certo grado di incertezza e di imprevedibilità, data anche dalle interconnessioni tra i vari processi, ed è per questa ragione che nasce l'esigenza di impiegare tecniche avanzate quali quelle dell'intelligenza artificiale.

A tale proposito è interessante l'esperienza fatta da Petrobras sulle sue piattaforme petrolifere. Ogni piattaforma deve provvedere all'estrazione del greggio, alla separazione di olio, gas ed acqua, destinando una parte del gas alla produzione locale di energia elettrica per mantenere gli impianti in funzione. Questa dipendenza stretta dal corretto funzionamento dell'intero processo (sia per quanto riguarda le sue capacità di estrazione che per quanto riguarda la generazione di energia) rende molto critica l'automazione dell'impianto. Per questa ragione Petrobras ha deciso di affiancare ai controlli tradizionali, basati su PLC, un modulo di supervisione intelligente, basato sul sistema esperto G2 di Gensym. L'introduzione di questo modulo, che riesce ad avere una visione generale dell'impianto, coordinare le varie operazioni e riconoscere tempestivamente malfunzionamenti, ha permesso a Petrobras di ottenere una riduzione documentata dell'ottanta per cento delle fermate dell'impianto.

Se si considerano i sistemi di asset management, si può vedere come in molti casi essi non hanno bisogno di ricorrere all'acquisizione di dati in tempo reale, poiché si limitano a verifiche periodiche sulle utenze gestite. Tuttavia un approccio di questo genere rappresenta poco più che una registrazione storica dei dati e non fornisce valore aggiunto per ciò che concerne la comprensione dello stato del processo al fine di prevenirne le anomalie. L'unione di queste tecnologie con sistemi avanzati basati sulla conoscenza, la fuzzy logic o i modelli neurali, consente di migliorare notevolmente il risultato finale, perché riesce ad identificare in maniera proattiva i problemi permettendo interventi mirati prima che i guasti si verifichino realmente.

Di seguito verranno analizzate brevemente le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale che si sono dimostrate di essere particolarmente utili per l'Asset Management. Le tecnologie tipiche dell'Intelligenza Artificiale trattano ciò che non è perfettamente noto o risulta difficile da prevedere. A tali tecnologie fanno capo la fuzzy logic, le reti neurali ed i sistemi esperti, che possiamo poi distinguere in sistemi esperti real-time e non real-time. Queste tecnologie possono tutte convivere con altri elementi, come i modelli predittivi, statistici, algoritmi di vario genere e software tradizionale.

Le Reti Neurali Artificiali

Le *reti neurali artificiali* (o semplicemente reti neurali) sono insiemi di programmi e strutture dati in grado di

emulare i ragionamenti del cervello umano. Dare una definizione esatta delle reti neurali artificiali non è semplice. Questa tecnologia si ispira alle reti neurali biologiche per quanto riguarda l'elevato grado di parallelismo computazionale (sebbene nelle reti neurali artificiali esso sia infinitesimamente più piccolo di quello presente nel cervello) e la capacità di apprendere dall'esperienza.

Le reti neurali artificiali possono essere ricondotte ad un insieme di molti semplici processori (i neuroni), ciascuno dei quali possiede una piccola memoria locale. I neuroni sono collegati tra loro attraverso canali di comunicazione (connessioni) in grado di trasportare informazioni numeriche, opportunamente codificate. Ciascun neurone, che opera parallelamente agli altri, ha a disposizione i suoi dati locali e gli input che riceve attraverso le connessioni, ed interviene su tali dati applicando una funzione non lineare piuttosto semplice precedentemente "tarata" attraverso un processo di "addestramento" della rete, fatto utilizzando registrazioni storiche delle variabili che rappresentano input ed output della rete stessa.

L'implementazione di applicazioni basate su reti neurali è relativamente semplice se si dispone di un ambiente software opportuno, che permetta di operare in maniera agevole su grosse quantità di dati. Il primo passo, come si può osservare in figura 2, è quello di raccogliere un quantitativo adeguato di dati storici relativi al processo da emulare. Questi dati devono essere significativi e sufficientemente vari per comprendere l'intera gamma di situazioni da riprodurre con la rete neurale. Grazie a strumenti matematici, statistici e grafici viene identificato un insieme di dati da utilizzarsi per la fase di addestramento della rete, dove viene "insegnato" alla rete neurale il comportamento del processo. Una volta completata questa fase si avrà a disposizione un modello del processo di tipo "black box" che potrà essere utilizzato in linea come parte di una soluzione più ampia.

L'unione di reti neurali, sistemi esperti e fuzzy logic consente di ottenere soluzioni molto robuste, capaci di fornire un "cordone di sicurezza" intorno alle reti neurali, per sfruttare nel migliore dei modi le loro capacità predittive (riconoscendo ad esempio i modi operativi ed in-

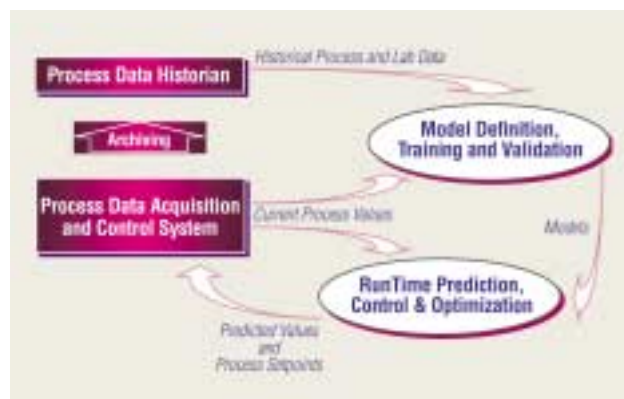


Fig. 2 **Ciclo di addestramento ed utilizzo dei modelli basati su reti neurali**

dirizzando il modello neurale piú adeguato alle condizioni operative correnti). Le capacità predittive delle reti neurali sono buone, con precisione ed accuratezza confrontabili con quelle degli strumenti hardware, ma con un'affidabilità spesso superiore. Infatti l'unico tipo di manutenzione richiesta per le reti neurali é un periodico aggiornamento dei pesi associati alle varie connessioni per tenere conto dei cambiamenti che sono avvenuti nel processo (intervento tipicamente richiesto con periodicità annua).

Sebbene questa tecnologia sia stata concepita piú di 50 anni fa, solo negli ultimi anni ha potuto diffondersi e trovare applicazioni pratiche, grazie all'aumentata potenza di calcolo dei computer ed alla contemporanea sensibile diminuzione dei costi.

Grazie alla loro flessibilità, le reti neurali hanno trovato applicazioni nei campi piú disparati. Nel mondo dell'industria, ad esempio, alcuni utilizzi tipici sono:

- misure inferenziali di grandezze non facilmente raggiungibili con strumenti hardware, o difficilmente misurabili in tempo reale
- filtraggio di segnali affetti da rumore, validazione e ricostruzione di misure
- riconoscimento di pattern, identificazione di guasti

La logica fuzzy

La logica fuzzy é basata sulla teoria degli "insiemi fuzzy" e sulla capacità di gestire "valori di verità" in grado di rappresentare quanto il risultato di un'operazione si avvicini allo stato vero o falso. Un insieme fuzzy è un insieme in cui non esiste un preciso confine tra oggetti appartenenti all'insieme ed oggetti che si trovano al di fuori.

La relazione tra un oggetto ed un insieme fuzzy é definita tramite il concetto di *appartenenza*. Ogni elemento di un insieme ha associato un valore di appartenenza, che indica quanto tale oggetto possa essere considerato far parte dell'insieme. Attraverso questa tecnologia risulta così naturale gestire condizioni come "molto basso", "basso", "medio", ecc.

La logica fuzzy opera in maniera simile al cervello umano per aggregare un certo numero di verità parziali in una verità di livello piú alto, che può a sua volta generare ulteriori eventi, come ad esempio la creazione di un allarme o il cambiamento di un setpoint.

I Sistemi Esperti

Secondo Edward Feigenbaum, uno dei padri dell'Intelligenza Artificiale: "Un Sistema Esperto è un programma che usa conoscenze e tecniche di ragionamento per risolvere problemi che normalmente richiederebbero l'aiuto di un esperto. Un Sistema Esperto deve avere la capacità di giustificare o spiegare il perché di una particolare soluzione per un dato problema."

Da questo punto di vista, un sistema esperto é lo strumento ideale per eseguire compiti normalmente affidati a persone che hanno profonda conoscenza di un certo do-

minio o per affiancare il personale fornendo indicazioni e suggerimenti.

Le caratteristiche che un generico sistema esperto deve possedere sono le seguenti:

- Riuscire a compiere le stesse azioni e fornire gli stessi giudizi di una persona con profonda conoscenza del sistema controllato.
- Fornire una giustificazione delle conclusioni raggiunte, in modo tale da validare il proprio funzionamento.
- Saper trarre conclusioni anche senza disporre di tutte le informazioni.
- Essere in grado, nel caso le informazioni disponibili siano insufficienti, di acquisire quanto necessario, in maniera automatica (ad esempio tramite meccanismi di *backward chaining*) o richiedendo il supporto dell'operatore umano.

Tipicamente un sistema esperto comprende una base di conoscenza, che contiene l'esperienza umana accumulata sul processo, ed un insieme di regole in grado di applicare la base di conoscenza ad un particolare scopo. Sia la base di conoscenza che le regole possono essere rivedute e perfezionate in modo da adattarle a situazioni nuove o mutate. Applicazioni tipiche dei sistemi Esperti nel mondo del processo comprendono supporto decisionale, identificazione di guasti, diagnostica, validazione di segnali, sicurezza sugli impianti, stima inferenziale, ottimizzazione.

I sistemi esperti piú recenti sono in grado di affiancare la programmazione a regole di tipo tradizionale con la programmazione Object Oriented ed in alcuni casi con linguaggi di programmazione completamente grafici. L'utilizzo della programmazione ad oggetti consente una maggiore astrazione dei dati ed una rappresentazione dell'informazione piú intuitiva. Se poi la shell esperta é in grado di effettuare inferenze sulla base delle connessioni tra oggetti o di relazioni logiche tra di essi, la mappa del nostro dominio (ad esempio una rete di distribuzione di fluidi) diventerà un componente attivo della base di conoscenza. I vantaggi di questo tipo di approccio sono dati da una maggiore controllabilità del software realizzato, poiché le catene di ragionamento vengono visualizzate in maniera chiara, mostrando tutte le possibili ramificazioni del pensiero. Questo rappresenta una notevole aiuto per chi sviluppa l'applicazione e per chi si trova a mantenerla. I meccanismi di inferenza delle regole, infatti, sono molto potenti ma possono diventare altrettanto complessi quando interessano un elevato numero di regole.

L'uso di linguaggi grafici di programmazione, derivati dal paradigma OOP, si presta sia per effettuare calcoli ed elaborazioni sequenziali dei dati in input, sia quando si devono costruire alberi o modelli generici di guasto.

Una ulteriore evoluzione é rappresentata dai sistemi esperti in real-time, come ad esempio G2 di Gensym, che aggiungono all'aspetto di puro ragionamento la dimensione temporale e sono pertanto in grado di ragionare su dati basati sul tempo come quelli generati dai sistemi di controllo di processo.

Oggetti intelligenti per Asset Management

Abbiamo visto nei paragrafi precedenti come le tecnologie dell'Intelligenza Artificiale, ed in particolare dei sistemi esperti possano aiutare ad identificare tempestivamente condizioni critiche per apparecchiature ed impianti, generando *early warning* che, opportunamente gestiti, permettono di intervenire tempestivamente, sia dal punto di vista operativo che da quello della manutenzione, evitando che la situazione possa degenerare.

Di seguito vedremo come l'approccio object-oriented permetta di catturare efficacemente la conoscenza degli esperti in oggetti intelligenti generici, componenti software in grado di effettuare in real-time il monitoraggio delle condizioni di singole apparecchiature e, usati in combinazione tra loro, di impianti complessi.

Tali oggetti, che formalizzano la conoscenza operativa specifica per le varie apparecchiature, possono essere strutturati in modo tale da consentirne un rapido impiego in vari contesti, tramite la loro configurazione, senza che sia richiesto sviluppo di codice.

All'interno di ciascun componente, infatti, viene incapsulato un alto livello di conoscenza esperta per ogni specifica apparecchiatura, ricavato sulla base di informazioni raccolte da esperti di diversa estrazione: operatori, processisti, manutentori, progettisti e costruttori.

Questo approccio permette di risolvere uno dei punti critici per le applicazioni di sistemi esperti: la formalizzazione della conoscenza. In genere questa è la fase più importante, che richiede l'intervento di personale specializzato in grado di raccogliere le informazioni necessarie a partire dalla documentazione esistente e da interviste con gli esperti di processo. Essere riusciti a descrivere all'interno di un oggetto generico e riutilizzabile i problemi tipici e dagli effetti più significativi per l'impianto, consente di mettere in servizio una nuova applicazione in brevissimo tempo, pur lasciando il sistema aperto ad ulteriori affinamenti e personalizzazioni, come verrà descritto in seguito.

I tipi di apparecchiature rappresentati comprendono sia elementi semplici, che componenti critici per l'impianto, con elevato impatto sia dal punto di vista economico e della sicurezza. Alcuni esempi di oggetti intelligenti sono: forni di processo, compressori, colonne di distillazione, sensori, scambiatori di calore, pompe, motori.

Scopo principale di questo software è quello di identificare gli *eventi* più significativi nel processo. Tali eventi possono essere descritti come un insieme di condizioni che richiedono un intervento, o un riconoscimento, da parte dell'operatore dell'impianto. L'evento può essere generato da logiche di varia complessità, dalla semplice verifica del superamento di un limite, ad insiemi di condizioni che combinate tra loro indicano un potenziale problema nel processo. Ad esempio, un oggetto intelligente di tipo "forno" può identificare

eventi allarmanti ed informare l'operatore per possibili problemi che comprendono perdite di efficienza, allarmi ambientali, condizioni dei bruciatori ed accumulo eccessivo di residuo.

Funzionalità e tecniche impiegate

Ogni oggetto intelligente fornisce le seguenti funzionalità:

- *Identificazione anticipata e proattiva delle condizioni anomale*, allo scopo di mantenere le operazioni nell'area della normalità, o riportarle rapidamente a tale area se accade un guasto
- *Rappresentazione generica* per consentire la riutilizzabilità per un'intera famiglia di apparecchiature
- *Incapsulamento della conoscenza esperta* per poter essere messo in funzione da personale non specializzato
- *Root-cause analysis* per produrre messaggi di allarme intelligenti e filtrati, che includano conclusioni diagnostiche e una guida per la risoluzione dei problemi

Gli eventi identificati da un oggetto intelligente possono venire classificati secondo diverse categorie:

- *Guasti*: viene identificato un problema specifico su una qualche apparecchiatura, che richiede intervento da parte del personale di manutenzione. In questo caso l'operatore riceverà indicazioni su come contenere i disagi causati dalla temporanea indisponibilità del componente guasto. Ad esempio l'evento "richiesta pulizia dei fasci tubieri" relativo ad uno scambiatore di calore, oppure "segnale piatto" per un sensore intelligente, identificano problemi ben definiti per cui è necessario l'intervento del personale di manutenzione.
- *Sintomi di guasti futuri*: la capacità di riconoscere in maniera predittiva situazioni che possono portare a malfunzionamenti e guasti consente agli operatori di intervenire in maniera tempestiva e, se il caso, di allertare il personale di manutenzione. È questo il caso ad esempio di eventi come le "previsioni di bassa portata" relative agli scambiatori di calore, che sono indice di fenomeni che portano ad uno sporco precoce del componente.
- *Sintomi di problemi esterni all'oggetto*: si tratta di eventi che vengono rilevati dall'oggetto intelligente, ma sono conseguenza di malfunzionamenti esterni ad esso. In questo caso, l'applicazione può risalire al componente causa del problema ed avvertire in maniera opportuna il personale. È il caso ad esempio dell'evento di pendolazioni nel flusso in uscita da un compressore. Nel caso in cui tali oscillazioni siano già presenti nel flusso in ingresso, la segnalazione non riguarderà il compressore, ma l'utenza collegata a monte di esso.
- *Eventi che possono causare danni al processo*: sono malfunzionamenti specifici dell'apparecchiatura monitorata le cui conseguenze si riflettono sulle apparecchiature ad essa collegate. A questa famiglia di eventi possiamo ricondurre ad esempio la "previsione di temperatura alta in uscita dallo scambiatore", che può portare al danneggiamento delle apparecchiature ad esso collegate.

L'identificazione predittiva di eventi e guasti é resa possibile grazie alla combinazione di tecniche tipiche dell'Intelligenza Artificiale con altre di tipo statistico ed algoritmico.

La proiezione dei valori rappresenta una delle capacità piú importanti per un oggetto intelligente, perché permette di predire i valori futuri di una misura in base all'analisi dei dati correnti e di quelli storici. Quando la proiezione di un valore indica che la variabile può superare la soglia limite stabilita, viene generato un evento di previsione di superamento di limite, che può essere inviato all'operatore o utilizzato da oggetti intelligenti piú complessi.

Altra tecnologia ampiamente utilizzata é quella della fuzzy logic, che identifica eventi complessi nel processo determinati da input multipli o per cui i limiti operativi sono difficili da determinare. Permette di emulare il ragionamento per "livelli di grigio" tipico della mente umana, normalmente impiegato dagli operatori per valutare problemi nel processo. L'impiego della fuzzy logic rende anche piú semplice la messa in servizio del software, soprattutto per quanto riguarda l'assegnamento delle soglie di allarme, che diventano meno critiche che con la logica booleana tradizionale.

L'analisi statistica, infine, permette di riconoscere anomalie, come ad esempio grandi cambiamenti nel processo, segnali affetti da rumore, deriva negli strumenti e picchi nei segnali.

Di seguito analizzeremo alcuni esempi significativi di Intelligent Object, per meglio comprendere la filosofia che li ispira e quale sia il valore aggiunto che essi portano.

Il sensore é l'oggetto piú semplice, ma fondamentale nell'architettura degli Intelligent Object. Esso viene utilizzato per monitorare un singolo indicatore di processo e può gestire quattro distinte categorie di eventi:

Validazione: comprende diversi controlli, come ad esempio il confronto con un secondo sensore (o con un sensore inferenziale), filtraggio di segnali molto rumorosi, identificazione di picchi o segnali congelati.

Limiti Operativi: prevede la segnalazione di valori estremamente alti o bassi

Predizione dinamica: può identificare future violazioni di limiti, oscillazioni e cambiamenti eccessivi nel valore riportato dai sensori.

Analizzatori: caso particolare del sensore intelligente, in grado di fornire ad esempio la validazione dei campioni per i gas cromatografi utilizzando dati di laboratorio come riferimento.

Ogni evento generato da un oggetto intelligente iden-

tifica una particolare condizione operativa anomala e può essere direttamente notificato all'operatore per richiedere un'azione correttiva, oppure venire utilizzato da altri oggetti o dal sistema esperto per attività a livello piú generale. Gli eventi generati dai sensori intelligenti vengono infatti ampiamente utilizzati dagli oggetti piú complessi, che elaborano queste informazioni aggiungendo a loro volta maggiore dettaglio.

A questo proposito possiamo considerare come esempio un evento di "scarsa variazione del segnale" per un sensore che misura il livello di fondo in una colonna di distillazione. Esso può essere direttamente notificato all'operatore oppure ai manutentori come segnalazione puntuale di un possibile guasto sul sensore. Contemporaneamente, però, questa stessa indicazione viene anche inviata all'oggetto *Colonna di Distillazione*, che la utilizza per aggiornare l'operatore con informazioni circa la collocazione e l'utilizzo dell'indicatore di livello. Lo stesso segnale viene infine utilizzato per analizzare scenari piú complessi nell'ambito della colonna stessa. In questo caso l'evento di scarsa variazione del segnale potrebbe fare commutare il monitoraggio del livello della colonna su un sensore di backup o su un sensore inferenziale, prevenendo quindi possibili allagamenti dovuti all'utilizzo di una misura non affidabile.

Un altro esempio interessante é quello dell'evento che identifica pendolazioni (*swing event*) nella misura rilevata da un sensore. Un valore con oscillazioni significative potrebbe indicare problemi meccanici, di controllo o di processo. Questo evento é tecnicamente piuttosto complesso da riconoscere. La sua identificazione parte dal calcolo del valore medio misurato nell'intervallo di osser-

vazione, che viene utilizzato per un confronto con i valori storici. Se il valore storico registrato dal sensore stesso devia dal valore medio oltre il limite stabilito si identifica un "picco" o una "valle" (a seconda che il valore sia sopra o sotto la media). Il confronto viene eseguito cercando tutti i picchi e le valli che si alternano. Se il loro numero complessivo supera il limite massimo configurato per il sensore, viene generato uno *swing event*. Se il sensore intelligente opera autonomamente, l'evento é immediatamente notificato all'operatore. Se consideriamo invece il caso precedentemente introdotto di un compressore intelligente, dove si effettua il monitoraggio delle pendolazioni di flusso o pressione, verrà utilizzata un'uscita fuzzy dei sensori che indica la probabilità che l'evento sia vero. In questo caso il compressore considera sensori intelligenti per flusso e pressione sia di entrata che di usci-

L'Intelligenza Artificiale può essere vista come una sorta di "collante" in grado di mettere in comunicazione i vari mondi dell'automazione, controllo avanzato, manutenzione e gestionale

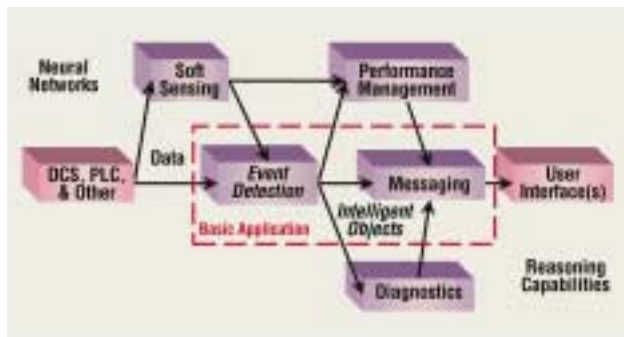


Fig. 3 Estensione delle funzionalità per un Oggetto Intelligente

ta al compressore. Nel caso vi siano pendolazioni in uscita in presenza di un flusso regolare in entrata, sarà notificato uno swing event per il compressore. Nel caso invece in cui il flusso in entrata risulti perturbato, l'evento notificato riguarderà l'utenza che sta a monte del compressore.

Estensione delle funzionalità

La caratteristica più evidente degli Oggetti Intelligenti è quella di essere concepiti come prodotti "out of the box", che cioè non richiedono sviluppo di software specifico, ma sono immediatamente fruibili tramite la loro semplice configurazione. Questa caratteristica, tuttavia, non implica limitazioni alla loro espandibilità. Infatti le logiche assegnate ad ogni oggetto possono essere liberamente estese con l'identificazione di nuovi eventi e l'aggiunta di altri diagrammi di guasto, per gestire situazioni particolari o evoluzioni nelle apparecchiature monitorate. Inoltre, come già accennato in precedenza, ogni Oggetto Intelligente può operare in maniera del tutto autonoma o essere collegato ad altri per gestire apparecchiature complesse o interi impianti.

Per la loro struttura, gli oggetti intelligenti si prestano ad essere integrati con sensori inferenziali basati su reti neurali, che possono venire inseriti in maniera nativa nella stessa applicazione che ospita l'oggetto, oppure, nei casi particolarmente complessi, venire eseguite su macchine distribuite collegate in rete all'applicativo dell'oggetto intelligente. Attraverso le reti neurali sarà possibile ad esempio validare le misure acquisite dai sensori hardware, fornendo valori ricostruiti nel caso in cui la misura originale risulti essere non affidabile, oppure suggerire valori ottimi per minimizzare funzioni di costo predefinite, attraverso particolari modelli neurali "di ottimizzazione", in grado di modellare sia il processo in questione che le sue variabili di stato. Naturalmente un sistema di gestione delle performance può fare ricorso ad un mix di tecnologie, che includono modelli matematici, algoritmi di ottimizzazione tradizionali e modelli euristici.

Un altro ambito dove può essere interessante intervenire è quello dell'estensione delle logiche per la root cause analysis. In particolare è disponibile un linguaggio

di programmazione grafico che permette di implementare modelli di guasto "generici" che descrivono le relazioni di causa-effetto tra eventi e possibili cause, utilizzando il quale si potrà incrementare la capacità di investigazione che gli oggetti intelligenti posseggono.

Infine altra area di intervento possibile è quella che riguarda l'interfaccia operatore. Gli oggetti intelligenti posseggono diverse soluzioni attraverso le quali visualizzare i risultati del monitoraggio e dell'analisi da essi svolti su un sistema client. Può essere però preferibile implementare una soluzione dove i messaggi generati dagli oggetti intelligenti vengano direttamente visualizzati su sistemi pre-esistenti. In questo caso, qualora tali sistemi siano contenitori di ActiveX, si può fare ricorso a tale tecnologia, inserendo il client direttamente nella pagina video desiderata, oppure creando una soluzione ad hoc.

Integrazione con altri sistemi

L'integrabilità con altri sistemi è un aspetto di fondamentale importanza, vista la spinta del mondo dell'automazione industriale verso architetture aperte in grado di scambiare con facilità le informazioni. Nel caso dei sistemi esperti o degli Oggetti Intelligenti usati per Plant Asset Management, è di particolare interesse da un lato la capacità di interfacciamento verso il campo e, più in generale, con i sistemi di automazione e dall'altro la possibilità di collegamento con applicativi per la gestione della manutenzione.

L'interfacciamento con l'automazione d'impianto avviene sempre più spesso tramite il protocollo di comunicazione OPC, che consente di appoggiare la comunicazione ad uno standard robusto, efficiente ed accettato da moltissimi tra i principali costruttori. La connessione con i sistemi di gestione della manutenzione è altrettanto importante, perché consente di completare il ciclo di gestione dell'asset, riuscendo ad implementare programmi di manutenzione basati sulle condizioni, per pianificare tempestivamente le attività manutentive, limitando al minimo i tempi di fermata d'impianto. La comunicazione tra oggetti intelligenti e sistemi di manutenzione può ancora appoggiarsi al protocollo OPC oppure utilizzare lo standard

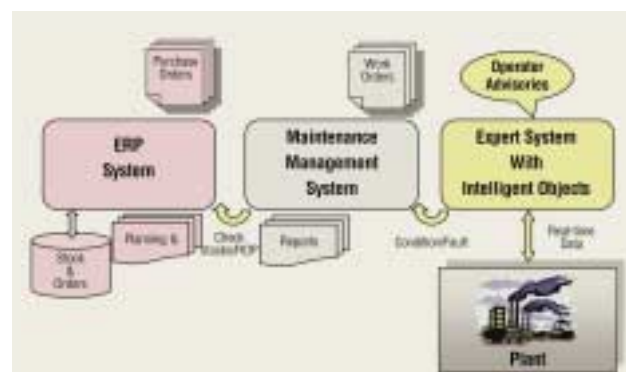


Fig. 4 Integrazione di un sistema esperto in una soluzione di Plant Asset Management

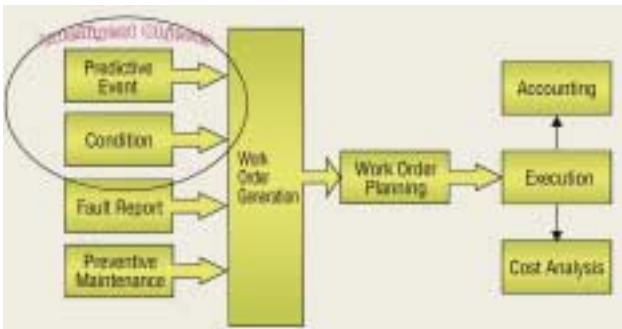


Fig. 5 Diagramma funzionale per un sistema di gestione della manutenzione che comprende Oggetti Intelligenti

XML, che consente di scambiare dati complessi, che possono rispecchiare direttamente la struttura object oriented del sistema esperto. Altre soluzioni prevedono l'utilizzo della tecnologia COM-DCOM di Microsoft e l'utilizzo di componenti ActiveX, oppure l'integrazione attraverso il linguaggio di programmazione Java.

La figura 4 rappresenta una possibile soluzione in cui un'applicazione basata su un sistema esperto viene integrata in un'architettura di Plant Asset Management.

Il sistema esperto acquisisce dati in tempo reale dal campo, tramite il sistema di controllo incaricato dell'automazione di processo, o attraverso un database real-time d'impianto. Attraverso le sue logiche predittive il sistema esperto riconosce condizioni di possibili guasti ed attiva trigger che vengono inviati al sistema di gestione della manutenzione. Qui in maniera automatica viene generata la richiesta di lavorazione e schedata l'attività delle squadre di manutenzione. Se il tipo di intervento previsto richiedesse specifico materiale, verrà inoltrata richiesta al sistema ERP per effettuare verifiche sulle giacenze a magazzino e generare le richieste d'acquisto eventualmente necessarie. In base al tipo di intervento richiesto ed al disagio causato dal guasto (che il sistema esperto è in grado di valutare), il sistema ERP può ri-schedulare le attività produttive per tenere conto della situazione contingente.

Ritorno sull'investimento

L'utilizzo della tecnologia degli Oggetti Intelligenti ha portato a risultati apprezzabili su diversi fronti. Innanzitutto la gestione di oggetti critici, quali compressori, colonne di distillazione, forni, con le caratteristiche di tempestività ed affidabilità descritte ha permesso di migliorare la sicurezza degli impianti. Un altro ambito importante dove gli Intelligent Objects forniscono interessanti risultati è quello economico, perché l'uso di tale software fa sì che le operazioni vengano condotte in maniera migliore, le apparecchiature possano lavorare con maggiore efficienza, riducendo i consumi ed aumentandone la produttività. Inoltre la capacità di anticipare i problemi con segnalazioni tempestive consente di ridurre le fermate non programmate, con ovvio immediato beneficio economico.

Dal punto di vista dell'installazione e messa in servizio, la struttura *out-of-the-box* del software e la completa configurabilità degli oggetti, guidata tramite finestre di dialogo, consente di avere una messa in servizio, in condizioni normali di utilizzo, in meno di due settimane, riducendo pertanto drasticamente il costo finale dell'applicazione.

In genere si è constatato che il pay back per applicazioni basate sugli oggetti intelligenti è stimabile in circa 6 mesi.

Bibliografia

Waterbury, B., *Artificial Intelligence Expands Frontiers in Asset Management*, November 16, 2000 – Control Magazine

Sarle, W.S., ed. (1997), *Neural Network FAQ, part 1 of 7: Introduction*, periodic posting to the Usenet newsgroup comp.ai.neural-nets, URL: <ftp://ftp.sas.com/pub/neural/FAQ.html>

Feigenbaum, E. A., *The art of Artificial Intelligence, 1: Theories and case studies in knowledge engineering*, Proc. 5th IJCAI, 1977

Roveta, F., *Regole e procedure vive nei Sistemi Esperti: linee guida per formalizzare e condividere la conoscenza in applicazioni "intelligenti"*, Giornata di Studio sul recupero della conoscenza negli impianti industriali - L'automazione: tecniche di revamping e reverse engineering – Fondazione Aurelio Beltrami, 11 Aprile 2002, Milano

Ghosh, A., Woll, D., *Abnormal Condition Management – The Missing Link between Sustained Performance and Costly Disruptions*, ARC Advisory Group, March 2001.

Siegel, D., *Minimizing Process Disruptions and Sustaining Performance through Expert Systems Technology*, National Petroleum Refiners Association 2001 Computer Conference, October 1-3, 2001, Dallas, Texas

Fulvio Roveta – Ha maturato una lunga esperienza nell'ambito dell'automazione industriale, settore in cui opera dal 1986. In Gensym dal 1998, si è occupato in precedenza dei molteplici aspetti legati all'uso dell'informatica nell'industria: automazione di base, supervisione, controllo e gestione.



Ha maturato un ampio campo di interesse che si è spostato sull'impiego delle tecnologie dell'Intelligenza Artificiale ai fini di migliorare le prestazioni e l'affidabilità degli impianti. Dal 2001 è responsabile delle attività di Gensym per il Sud Europa. Può essere contattato all'indirizzo di posta elettronica froveta@gensym.com.

l'Autore