

# La manutenzione predittiva nel Progetto CompTo-NM: ottimizzare lo sviluppo di un dispositivo innovativo di imaging biomedicale ibrido

Emanuele Carlini, Sara Colantonio

Istituto di Scienza e Tecnologie dell'Informazione "A. Faedo"  
Consiglio Nazionale delle Ricerche

emanuele.carlini@isti.cnr.it, sara.colantonio@isti.cnr.it

## Abstract

La manutenzione predittiva in ambiti industriali è un'attività che ha recentemente subito un notevole sviluppo, grazie alla sempre crescente quantità di dati disponibili e all'abilità dei sistemi software di ultima generazione di saperli gestire. Questo documento presenta le attività di manutenzione predittiva che sono previste all'interno del progetto Regione Toscana CompTo-NM, concentrandosi sulle tecniche di rilevazione di anomalie basate su metodi di apprendimento automatico.

## 1 Introduzione

Il paradigma Industria 4.0 sta portando numerosi cambiamenti nei modelli di business e nell'automazione dei processi aziendali. Diverse tecnologie abilitanti, come Internet of Things, Bigdata Analytics e Intelligenza Artificiale, stanno sempre di più diventando parte integrante delle realtà aziendali e favoriscono l'applicazione di approcci che si studiano a livello di ricerca già da diversi anni.

La manutenzione predittiva in ambiti industriali è un settore che ha ricevuto un enorme sviluppo grazie a questi cambiamenti. Lo scopo principale della manutenzione predittiva è quello di supportare un modello di intervento proattivo, tale da prevenire malfunzionamenti e guasti. Per funzionare in modo efficiente la manutenzione predittiva necessita dell'analisi di una grande quantità di dati sulla condizione delle macchine. Non stupisce quindi che uno degli aspetti che, di recente, ne ha favorito un rapido sviluppo è la crescente confidenza con la quale gli attuali strumenti informatici sono capaci di gestire ed estrarre informazioni da grandi quantità di dati. La disponibilità di queste grandi quantità è la condizione necessaria allo sviluppo di modelli di apprendimento automatico sempre più complessi e performanti.

Il progetto "Regione Toscana POR FESR" CompTo-NM, iniziato nel 2018, si muove nel contesto industriale dell'imaging medicale, e mira a integrare tecnologie di manutenzione predittiva per supportare il design e lo sviluppo di una piattaforma diagnostica ibrida, che integra sensori di medicina nucleare (es. PET, SPECT) con la tecnologia tomografica computerizzata a fascio conico (CBCT). La piattaforma obiettivo del progetto sarà un dispositivo compatto e trasportabile per l'analisi clinica e pre-clinica di anatomia e funzionalità del

cervello. Essa permetterà di studiare disordini neurodegenerativi e cerebrovascolari, garantendo costi operativi più bassi, dosi ridotte e la riduzione delle liste di attesa dei pazienti.

## 2 Manutenzione Predittiva e Rilevazione di Anomalie

Per manutenzione predittiva si intendono tutte quelle attività in grado di prevedere un guasto o malfunzionamenti di un sistema prima che questo avvenga, analizzando lo storico del comportamento del sistema stesso. Nel contesto di CompTo-NM, questo avviene attraverso la raccolta e l'analisi di un insieme eterogeneo di dati, che descrivono il funzionamento della macchina, la qualità delle immagini di scansione e le informazioni dei problemi segnalati dagli utilizzatori e manutentori della macchina.

Una delle fasi principali della manutenzione predittiva è la cosiddetta rilevazione di anomalie (*anomaly detection*) che rileva e predice possibili anomalie rispetto al funzionamento definito normale della macchina. Nello stato dell'arte, le anomalie si categorizzano in tre tipi differenti [Chandola *et al.*, 2009]: (i) anomalie di punto, dove un singolo dato si discosta dagli altri; (ii) anomalie di contesto, in cui alcuni dati non hanno senso in un particolare contesto (mentre possono averlo in un altro); (iii) anomalie collettive, alcuni dati non sono anomali se presi indipendentemente ma lo sono se presi insieme.

I metodi classici per la rilevazione di anomalie sono basati su metodi statistici (es ARIMA) o basati sulla decomposizione STL ("Seasonal and Trend decomposition using Loess") di dati periodici con una dimensione temporale [Yaacob *et al.*, 2010]. In tempi più recenti, con l'aumento della popolarità delle tecniche di apprendimento automatico, sono stati sviluppati metodi data-driven per la rilevazione di anomalie. Ad esempio, in un contesto simile a quello di CompTo-NM, sono stati creati modelli basati su "machine learning" per la manutenzione predittiva a partire da dati di log provenienti da macchine mediche [Sipos *et al.*, 2014].

Le reti neurali artificiali sono tutt'ora lo strumento di riferimento per la rilevazione di anomalie quando si hanno a disposizione grandi quantità di dati. In particolare, per l'analisi dei dati contenenti una dimensione temporale (es time series), come nel caso dei dati dai sensori della macchina ibrida di CompTo-NM, si considerano le cosiddette "recurrent neu-

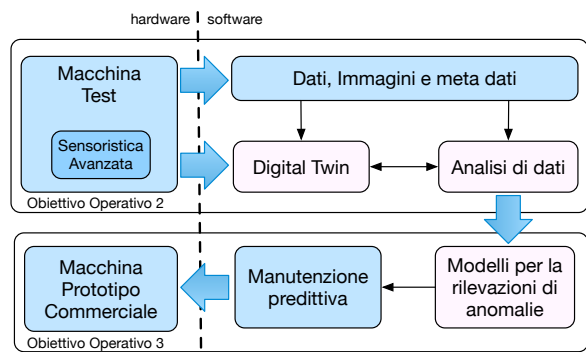


Figura 1: Sistema Fisco-Virtuale di CompTo-NM

ral network” (RNN) con “Long Term Short Term Memory” (LSTM). Le RNN associano ad ogni strato della rete neurale uno stato, che è utilizzato per apprendere sui dati attuali anche considerando il contesto passato. Le RNN sono state applicate con successo sui dati temporali di realtà industriali come motori [Malhotra *et al.*, 2015] e parametri di volo di aerei civili [Nanduri e Sherry, 2016].

### 3 Attività in CompTo-NM

Uno degli obiettivi principali di CompTo-NM è la definizione di un sistema fisico-virtuale che simuli il funzionamento di componenti specifiche della macchina ibrida, per fornire feedback sul test dei componenti, supportando quindi le attività di design, sviluppo e manutenzione. Questo sistema ha come scopo: (i) l’ottimizzazione della fase di sviluppo del dispositivo, attraverso una modellazione controllata, modulare e riutilizzabile del processo di produzione, e (ii) la massimizzazione delle prestazioni del dispositivo realizzato, in termini di affidabilità, manutenibilità, efficienza e sicurezza, riducendo costi e tempi di manutenzione e ottimizzando i servizi di assistenza post vendita.

La Figura 1 mostra il progetto ad alto livello di questo sistema fisico virtuale, in cui sono evidenziate le attività di competenza di ISTI-CNR (in chiaro). Le attività sono basate sulla raccolta di un insieme eterogeneo di dati, utilizzati sia per la creazione di un *digital twin*, una simulazione software della macchina reale che permette di simulare sessioni di testing e manutenzione, sia per fornire modelli e metodi di rilevazione di anomalie che sono un fattore cardine della manutenzione predittiva.

Rispetto a quest’ultimo obiettivo, per sfruttare l’insieme di dati eterogenei a disposizione, si sono predisposte diverse attività di rilevazione delle anomalie con meccanismi di apprendimento automatico, che sono elencate di seguito.

**Analisi di immagini derivanti da scansioni.** CompTo-NM Il dispositivo ibrido previsto da CompTo-NM utilizza una gamma camera per l’acquisizione di immagini scintigrafiche. Uno dei problemi conosciuti delle gamma camere è il degrado delle immagini acquisite susseguente all’utilizzo intensivo delle macchine e dovuto dalla riduzione della sensibilità dei sensori. L’obiettivo è quindi studiare modalità di confronto tra scansioni acquisite in contesti controllati, ad esempio tramite l’utilizzo di fantocci (*phantoms*), e scansioni acquisite

durante il normale utilizzo per misurare e prevedere lo stato di degrado dei sensori e l’eventuale necessità di intervento.

**Analisi delle richieste di assistenza.** L’obiettivo di questa attività è analizzare le richieste di assistenza di macchine CBCT attualmente sul mercato per: (1) capire in base alle segnalazioni fornite dagli utilizzatori quali sono le componenti software e hardware più predisposte a malfunzionamenti, e quindi i componenti candidati ad una analisi più specifica sia in termini di sviluppo sul digital twin, sia sulla quantità di sensori da installare sulla macchina di test; (2) analizzare ed estrarre pattern di malfunzionamento delle macchine, con l’obiettivo di identificare quelle sequenze di guasti che si configurano come buoni indicatori per la previsioni di guasti successivi.

**Analisi di Log.** I dati di log sono quella collezione di eventi registrata dalle macchine durante il loro funzionamento. Un evento generalmente consiste di un timestamp, un codice che ne rappresenta il tipo e la gravità ed infine una parte testuale che descrive l’evento. Generalmente, un esperto del dominio analizza i log per identificare guasti o comportamenti che deviano dalla norma. Tale approccio è essenzialmente basato sull’esperienza dell’esperto e può richiedere molto tempo. L’obiettivo in CompTo-NM è di utilizzare metodi di apprendimento automatico per automatizzare la rilevazione di comportamenti anormali e la previsioni di eventuali guasti a seguito di pattern di eventi di log.

Allo stato attuale, sono in studio i dati relativi alle richieste di assistenza per le macchine già immesse nel mercato. Altri dati, in particolare le immagini derivanti da scansioni e traccianti di log dei vari sensori installati sulle macchine di test, sono attualmente in fase di preparazione.

### Riferimenti bibliografici

- [Chandola *et al.*, 2009] Varun Chandola, Arindam Banerjee, e Vipin Kumar. Anomaly detection: A survey. *ACM computing surveys (CSUR)*, 41(3):15, 2009.
- [Malhotra *et al.*, 2015] Pankaj Malhotra, Lovekesh Vig, Gautam Shroff, e Puneet Agarwal. Long short term memory networks for anomaly detection in time series. In *Proceedings*, page 89. Presses universitaires de Louvain, 2015.
- [Nanduri e Sherry, 2016] Anvardh Nanduri e Lance Sherry. Anomaly detection in aircraft data using recurrent neural networks (rnn). In *Integrated Communications Navigation and Surveillance (ICNS)*, 2016, pages 5C2–1. IEEE, 2016.
- [Sipos *et al.*, 2014] Ruben Sipos, Dmitriy Fradkin, Fabian Moerchen, e Zhuang Wang. Log-based predictive maintenance. In *Proceedings of the 20th ACM SIGKDD international conference on knowledge discovery and data mining*, pages 1867–1876. ACM, 2014.
- [Yaacob *et al.*, 2010] Asrul H Yaacob, Ian KT Tan, Su Fong Chien, e Hon Khi Tan. Arima based network anomaly detection. In *Communication Software and Networks, 2010. ICCSN’10. Second International Conference on*, pages 205–209. IEEE, 2010.