



L'Intelligenza Artificiale al servizio della mobilità ferroviaria: sfide, opportunità e rischi per il sistema treno

Stefano Neri

Responsabile Ingegneria e Innovazione – Direzione Tecnica Trenitalia

Intelligenza Artificiale: leva strategica per generare valore

Funzionalità chiave



COMPRENDERE

Leggere e interpretare grandi quantità di informazioni provenienti da sistemi, sensori, processi e fonti eterogenee, rendendo più accessibili fenomeni complessi



APPRENDERE

Riconoscere pattern, correlazioni, anomalie e segnali ricorrenti nei dati disponibili, migliorando progressivamente la capacità di analisi e previsione



SUPPORTARE

Fornire indicazioni utili per orientare decisioni più rapide, consapevoli e tracciabili, a supporto di processi tecnici, operativi e gestionali



AGIRE

Trasformare la conoscenza prodotta dai dati in azioni concrete, contribuendo a rendere i sistemi più adattabili e affidabili



Scopo: valorizzare il **patrimonio informativo** per **umentare l'efficienza** dei processi e **rafforzarne l'affidabilità**

Intelligenza Artificiale nel settore ferroviario

Le declinazioni della tecnologia

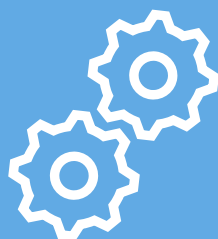
INTELLIGENZA ARTIFICIALE

Ogni tecnica che rende le macchine capaci di imitare il comportamento umano



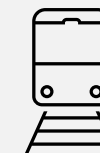
MACHINE LEARNING

Tecniche di Intelligenza Artificiale che rendono le macchine capaci di imparare



DEEP LEARNING

Un sottoinsieme del Machine Learning che rende possibile il calcolo di reti neurali multi-livello



Nel **sistema ferroviario**, il **Machine Learning** trasforma il **patrimonio dati** generato da sensori e processi manutentivi **in modelli utili a prevedere anomalie, migliorare l'affidabilità e orientare le decisioni operative**

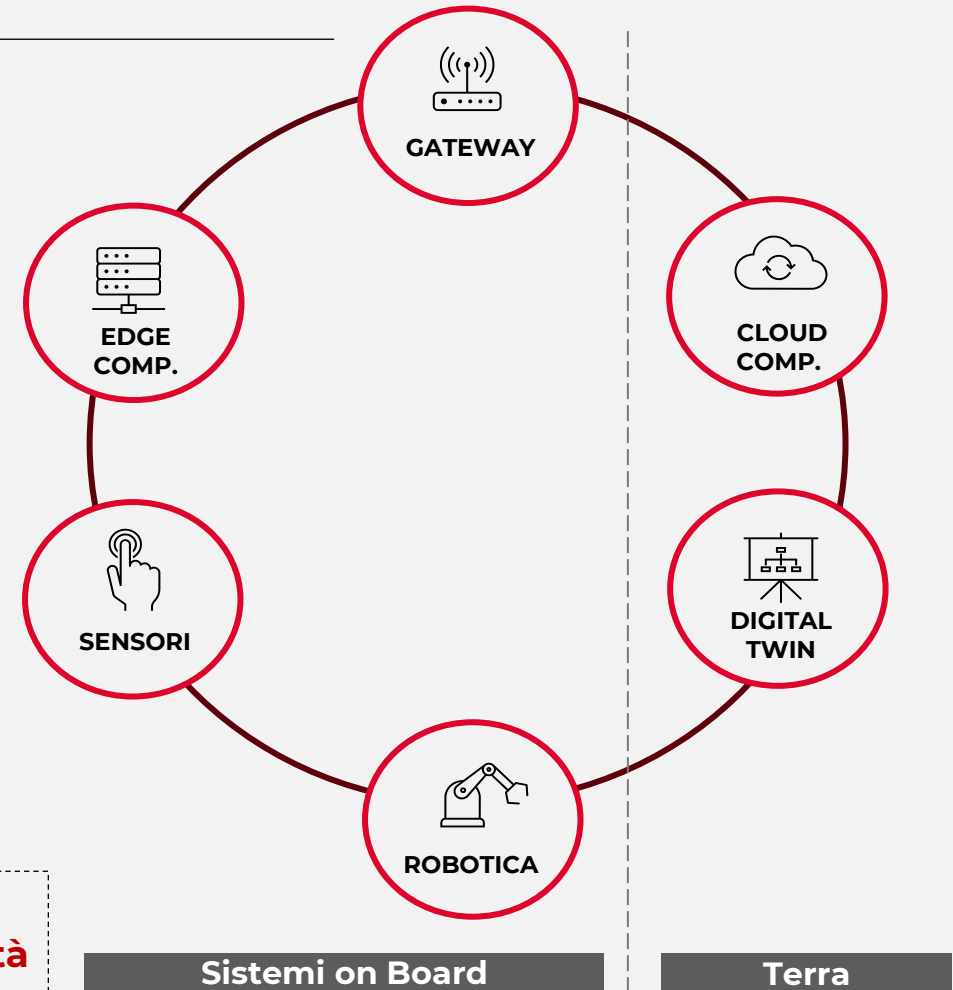
Tecnologie abilitanti dell'AI nel settore ferroviario

Sistemi integrati con AI a bordo treno

- **SENSORI:** on board su carrelli, motori, freni, HVAC, porte, imperiale (telecamere, accelerometri ecc.)
- **EDGE COMPUTING:** centraline di bordo per elaborazione locale dei dati e riduzione del traffico verso i sistemi di terra
- **GATEWAY EDGE:** Router di bordo per trasmissione di dati verso i sistemi di terra
- **CLOUD COMPUTING** sistemi centrali a terra per analisi avanzate, elaborazione dati storici e addestramento dei modelli complessi
- **DIGITAL TWIN:** replica virtuale del treno o dei suoi componenti per simulazioni, scenari predittivi e ottimizzazione continua
- **ROBOTICA/ATTUATORI:** sistemi automatizzati di ispezione e manutenzione treno



Elaborare i dati a **bordo** per assicurare **tempestività** e **continuità operativa**, **limitando** l'impatto di **delay** o **indisponibilità** della **connettività**



AI come cambio di paradigma nel sistema treno

Sfide



Miglioramento **comfort** e **sicurezza** dei **passengeri**



Riduzione costi di manutenzione



Riduzione consumi energetici ed **emissioni**



Aumento disponibilità ed **affidabilità**



Guida Autonoma - **ATO**



Pricing dinamico per **massimizzare ricavi**

Opportunità



Monitoraggio in tempo reale

Rilevare condizioni anomale su rotabili, impianti e sottosistemi attraverso sensori, dati diagnostici e algoritmi di Machine Learning



Manutenzione Predittiva

Anticipare guasti, anomalie e situazioni di rischio, passando da una gestione reattiva a una gestione predittiva



Supporto decisionale e riduzione errori

Orientare decisioni tecniche e operative, automatizzando attività ripetitive e migliorando qualità, tracciabilità e sicurezza



Formazione e **supporto** documentale

Utilizzare simulazioni e strumenti AI-based per addestrare il personale e supportare analisi, sintesi e produzione documentale

Dall'innovazione alla resilienza: governare i rischi dell'AI

Rischi

Affidabilità & qualità output

Bias, trasparenza e tracciabilità

Supervisione esterna

Cybersecurity & Legal Aspects

Contesto

Dati **incompleti** o **non rappresentativi** possono generare risultati **poco affidabili** o non correttamente interpretabili

Gli algoritmi devono essere monitorati per **evitare distorsioni** e **garantire** output spiegabili e **verificabili**

L'AI deve **supportare** le **decisioni**, mantenendo il **presidio umano** nei processi tecnici e operativi critici

DA ATTENZIONARE

Privacy & condivisione dati: immagini, riprese e dati operativi richiedono **regole chiare di accesso**, conservazione, utilizzo e condivisione



OPPORTUNITÀ

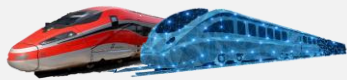
Prevenzione attacchi: algoritmi di analisi possono **rilevare anomalie** e segnali sospetti, supportando **monitoraggio**, prevenzione e risposte

Applicazioni TI: lo scenario in costruzione

Portale ispettivo



Telecamere su imperiale

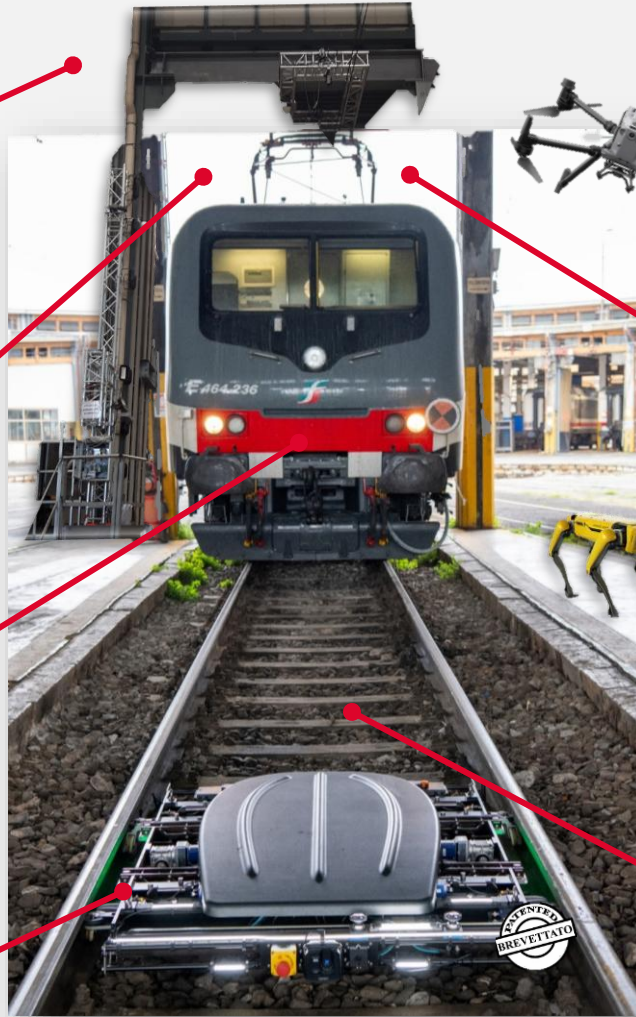


Digital Twin e Dati **DMMS**



Focus next

ARGO – Drone ispettivo mobile



Drone per ispezione panto/laterale



Robot ispezione panto

Robot quadrupede per ispezioni



WPMS – Rilievo profili ruote

I dati di Trenitalia

Telediagnostica- DMMS



Progettazione del sistema **iniziata nel 2015**, basandosi sull'esperienza maturata con i sistemi di diagnostica remota degli ETR500 e degli E464



Piattaforma cross-flotta che introduce una manutenzione basata su **indicatori di vita e di salute** ottimizzando quella basata su tempo e km



Funzionalità principali: **reportistica, avvisi automatici**, notifiche al sistema di manutenzione e integrazione con i sistemi di terra



Scopo: integrare nel DMMS algoritmi AI per ridurre i costi di manutenzione e aumentare l'affidabilità e la disponibilità del materiale rotabile



Il **Digital Twin** rappresenta un elemento chiave nello sviluppo di algoritmi AI, configurandosi come un **navigatore intelligente** che **interpreta** tutti i **dati** del treno

33

Flotte gestite

>9000

Regole con Alerts

>300K

Notifiche di manutenzione

>2000

Dashboards

4M/s

Misure al secondo

5M/gg

Eventi diagnostici per giorno

Use Cases Trenitalia: le nostre direttrici

Vision AI per Verifica Bordo Treno e Ispezioni



- Controlli con **sistemi di computer vision**, capaci di **analizzare immagini** in tempo reale. Modelli di object detection e segmentation **rilevano difetti** su componenti critici. Il processo si integra con **check-list digitali** per validazione automatica
- Esempi di applicazioni TI: **monitoraggio con robot** e sistemi di **videosorveglianza smart**

Algoritmi manutenzione predittiva on-board



- Piattaforme che **analizzano dati** da **sensori IoT** e **sistemi diagnostici** con modelli di machine learning che **anticipano guasti** e **ottimizzano la pianificazione della manutenzione** dei componenti
- Esempi di sistemi i cui dati sono oggetto di analisi con AI in TI: **centraline HVAC** e **compressori freno**

1.Vision AI per Verifica Bordo Treno e Ispezioni

ARGO – Autonomous Robotics Inspection of rolling stOck

- **Robot** per l'**ispezione automatica** del **sottocassa**
- Struttura **modulare** per un **modello scalabile**, in base alle applicazioni
- Prevista la sua **integrazione** nei **processi manutentivi**
- Principali **vantaggi**:
 - **Riduzione** di spostamenti e **fermi rotabile** al **1° Livello**
 - Maggiore **disponibilità** per l'**esercizio**
 - **Monitoraggio continuo** e razionale dei **componenti cruciali** per la **SdE**



ESEMPI DI ISPEZIONE E VERIFICA DI COMPONENTI CRITICAL

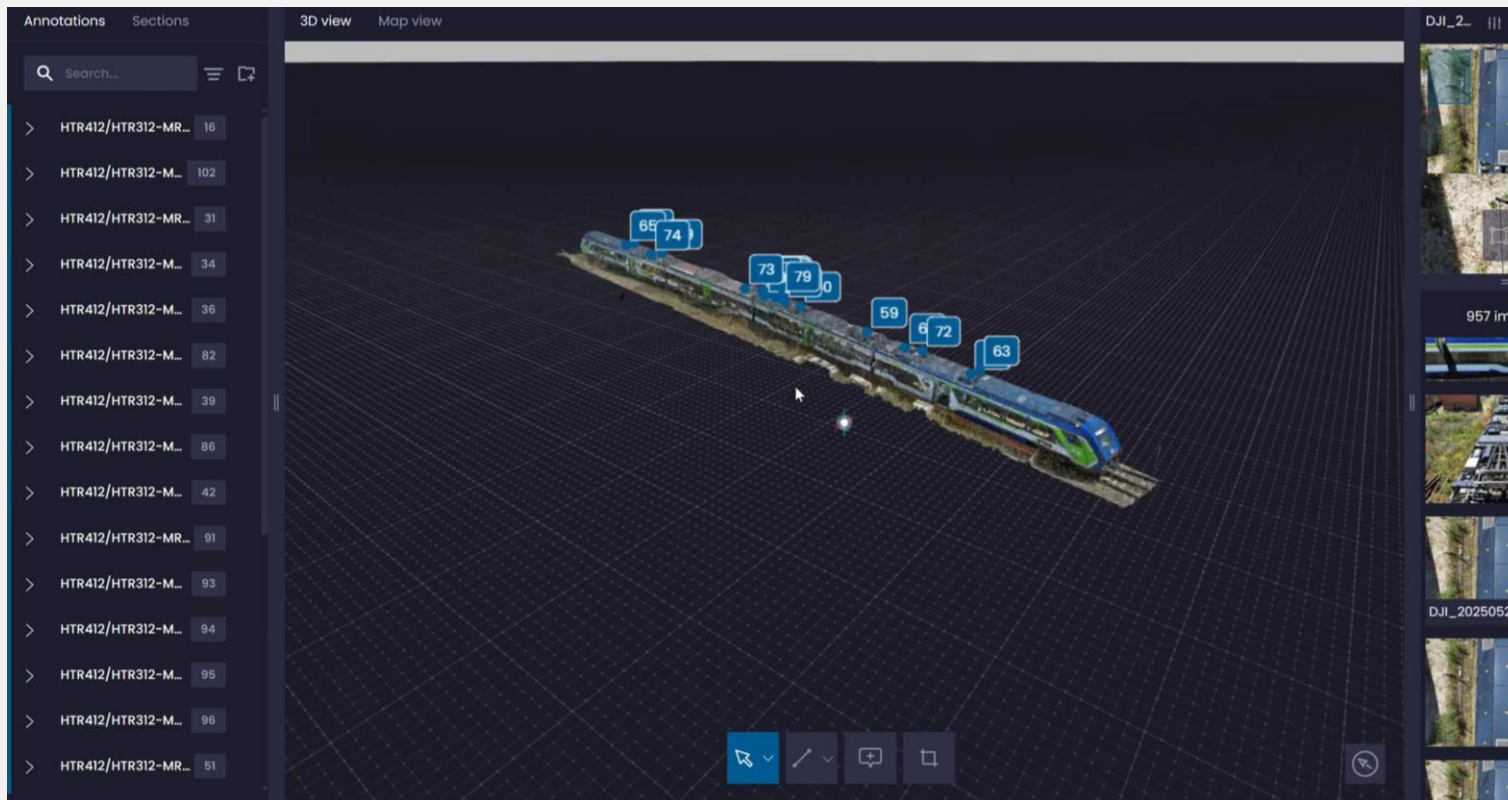
1. Pasticche dischi freni
2. Connessioni elettr. e pneumatiche
3. Stato della bulloneria
4. Perdite e trafilamenti



1. Vision AI per Verifica Bordo Treno e Ispezioni

Droni Ispettivi

In corso iniziative a valle di un **POC sull'uso di droni aerei condotto** su **Blues** e **treno della flotta IC**, al fine di creare un ponte sinergico con ARGO nel monitoraggio ispettivo e visivo dei rotabili attraverso computer vision applicata alla robotica.



**Sensore RGB 12 MP
4K @ 30 fps**



**Sensore RGB 20
MP
4K @ 30 fps**

1.Vision AI per Verifica Bordo Treno e Ispezioni

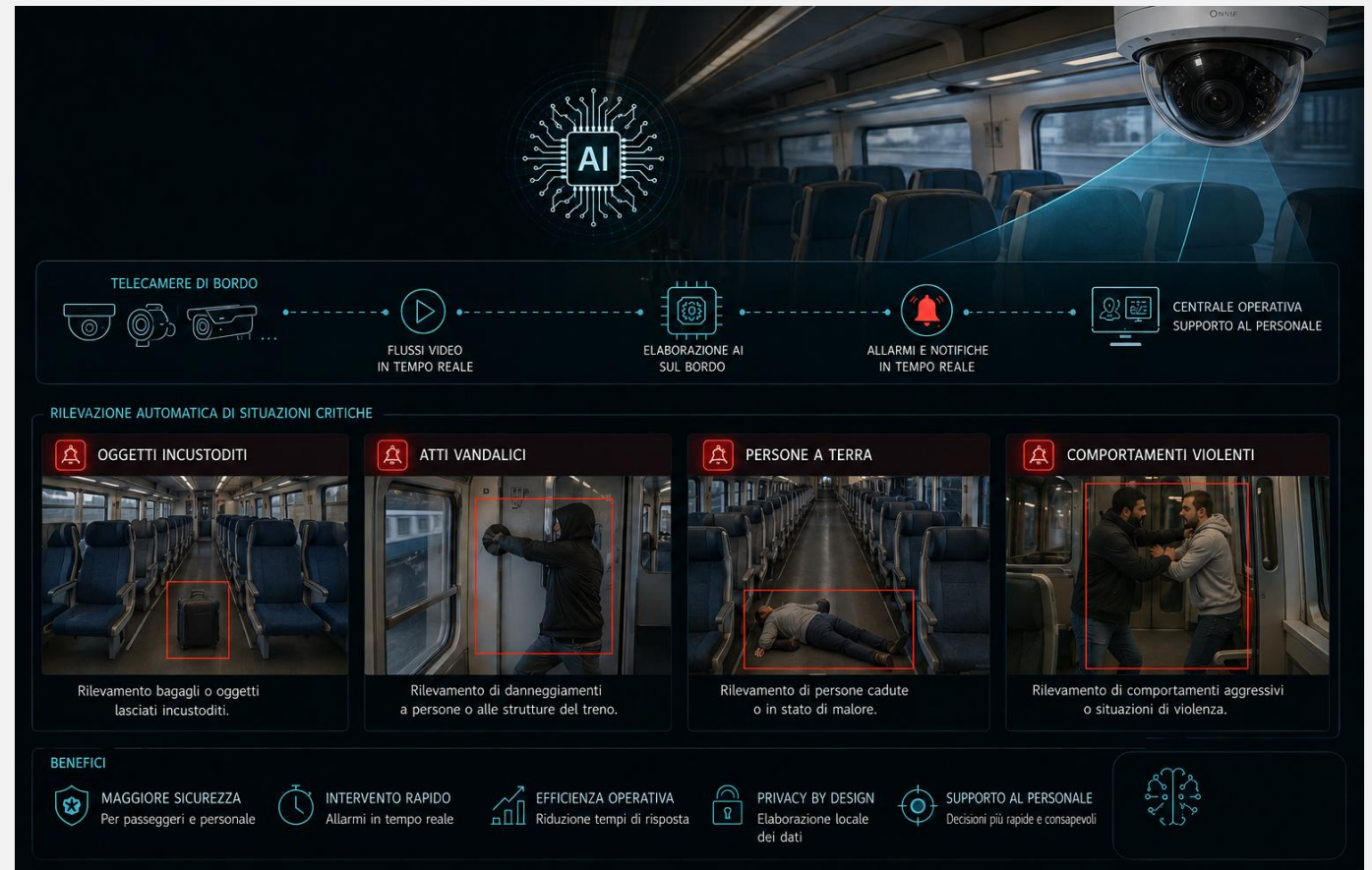
Sistemi di videosorveglianza smart

Analisi con algoritmi di AI delle **immagini acquisite** per mezzo della **TVCC** al fine di rilevare:

- **Numerosità passeggeri**
- **Atti vandalici e comportamenti violenti**
- **Oggetti incustoditi**



Scopo: **rafforzare** il **monitoraggio di bordo**, contribuendo ad **aumentare** la **sicurezza** dei **passengeri**



2. Algoritmi di manutenzione predittiva on-board



In corso **attività sperimentali** volte alla definizione di **algoritmi** IA per la **manutenzione predittiva** di specifici sottosistemi di bordo, addestrati a partire da dati **storici raccolti** dalle **centraline** e dai **sistemi diagnostici**

Sistema condizionamento - HVAC



- Fonte informazioni: **Centraline HVAC Rock**
- Dati Input: **modalità di funzionamento, temperature, pressioni, stato impianto, temperatura esterna** media
- Risultati attesi: **diagnostica** guasti o degradi, **regolazione** ottimizzata **parametri** impianto

Sistema frenante - Compressori



- Fonte informazioni: **Compressori Loco E464**
- Dati Input: **stato alimentazione** e **pompaggio** aria, **pressione condotta generale** e **principale**
- Risultati attesi: stima del **tempo funzionamento** dei compressori, individuazione di **comportamenti anomali** o **degradi**

Vision per il futuro

L'AI:
una costola
dell'innovazione

Così come una costola sostiene e protegge organi vitali, l'AI sostiene l'innovazione e ne amplifica il potenziale.

Una costola non è al centro, ma è **essenziale**. Senza di essa, il corpo non sarebbe lo stesso.

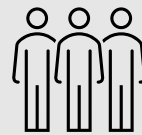
Non è solo tecnologia.
È una parte di noi che ci rende **migliori**.

L'AI ispira, abbina, accelera, apre nuove possibilità.

Sostiene i processi, migliora le decisioni, libera il potenziale umano.

idee
soluzioni
futuro

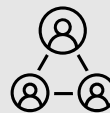
L'AI a sostegno dell'Innovazione



L'AI deve **sostenere i processi** e **migliorare le decisioni**, liberando competenze e capacità umane verso **attività a maggiore valore aggiunto**



Definire **le modalità di integrazione** delle **tecnologie AI** all'interno di **processi safety-critical** ferroviari in modo affidabile, sicuro e sostenibile



L'AI deve essere **incorporata** nei **processi aziendali**: non è il processo che si adatta alla tecnologia, ma la **tecnologia** che **abilita un nuovo modo di operare**



La vera sfida non è introdurre algoritmi intelligenti, ma **industrializzare l'innovazione** mantenendo **elevati standard** di safety, resilienza e governance del dato



Grazie per l'attenzione