

Sistema di visione artificiale per la sicurezza delle linee ferroviarie ad alta velocità

Alberto Del Bimbo, Marco Bertini

Uno dei principali obiettivi di MICC Media Integration and Communication Center è lo studio e la realizzazione di sistemi di visione artificiale, oggi uno degli ambiti di maggior successo per l'applicazione delle tecnologie di Machine Learning e Intelligenza Artificiale. Le soluzioni di visione artificiale intervengono sempre più a modificare processi produttivi o operativi con soluzioni che migliorano la produttività e la sicurezza sostituendo processi manuali estremamente costosi in termini di tempo e risorse, o consentendo funzioni e livelli di sicurezza altrimenti non possibili. Tra le molte ricerche di visione artificiale trasferite in processi reali, MICC-UNIFI ha recentemente realizzato un complesso sistema di Visione Artificiale per automatizzare l'ispezione delle linee ferroviarie nazionali ad alta velocità. La ricerca, iniziata nel 2019 e terminata nel 2022 in convenzione con il Consorzio CINI e RFI Rete Ferroviaria Italiana, è parte di un progetto sperimentale di RFI che prevede la costruzione di un drone ferroviario equipaggiato con sensori di visione, opportuna potenza di calcolo e capacità di comunicazione, dovrà percorrere ad alta velocità (circa 200 km/h) i binari dell'alta velocità prima del primo treno e dopo l'ultimo, in modo da garantire la sicurezza sulla linea ferroviaria. Al sistema di visione artificiale è richiesto di rilevare automaticamente eventuali anomalie, quali presenza di oggetti abbandonati sui binari, persone in prossimità della linea, furti di materiali alle infrastrutture.... Il contesto operativo richiede la soluzione di distinti e complessi problemi: la necessità di stabilizzare le sequenze video acquisite dai diversi sensori posti sul veicolo in movimento; l'esigenza di effettuare la rilevazione degli oggetti eventualmente presenti sui binari ad alcune centinaia di metri sia in condizioni di visibilità diurna che notturna, sia in condizioni climatiche ottimali che avverse; l'esigenza di rilevare le anomalie confrontando sezioni di linea per una lunghezza complessiva di centinaia di chilometri.

Alberto Del Bimbo, University of Florence, Italy, alberto.delbimbo@unifi.it, 0000-0002-1052-8322

Marco Bertini, University of Florence, Italy, marco.bertini@unifi.it, 0000-0002-1364-218X

Referee List (DOI 10.36253/fup_referee_list)

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI 10.36253/fup_best_practice)

Alberto Del Bimbo, Marco Bertini, *Sistema di visione artificiale per la sicurezza delle linee ferroviarie ad alta velocità*, © Author(s), CC BY 4.0, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5.19, in Stefano Selleri, Alberto Tesi, Enrico Vicario (edited by), *Ingegneria Industriale & Ingegneria dell'Informazione per il territorio fiorentino – 2. Ingegneria dell'Informazione*, pp. 75-77, 2026, published by Firenze University Press, ISBN 979-12-215-0975-5, DOI 10.36253/979-12-215-0975-5

Più in dettaglio, il sistema di visione artificiale realizzato effettua tre distinti compiti, ai quali corrispondono distinti moduli di visione artificiale:

- T1 Riconoscimento di ostacoli e anomalie a lunga distanza e alta velocità;
- T2 Consapevolezza situazionale a breve raggio e moderata velocità;
- T3 Sorveglianza a breve raggio, senza movimento.

Le telecamere a bordo del drone sono opportunamente disposte secondo un layout simmetrico per far sì che le funzioni di visione siano attive per entrambi i sensi di marcia a seconda della direzione di movimento del mezzo, e sono selezionate per operare sia nello spettro del visibile per la visione diurna, sia nel segmento di frequenze dell'infrarosso per la visione notturna, a lungo e breve raggio. La figura di seguito mostra la disposizione delle telecamere sul veicolo e l'aspetto di un drone ferroviario.

Le soluzioni di visione artificiale impiegano tecnologie di *deep learning* con reti neurali profonde per le funzioni di rilevazione e classificazione, addestrate su dataset di immagini nel visibile e nel termico. I diversi moduli funzionali del sistema effettuano:

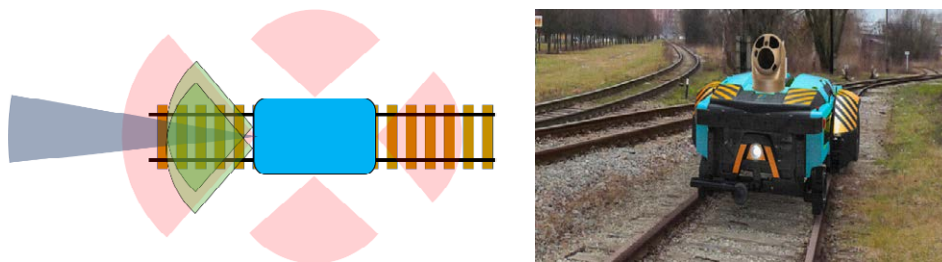


Figura 37 – Disposizione delle telecamere sul drone ferroviario con relativo campo visivo ed esempio di veicolo.

a) La rilevazione in tempo reale di ostacoli, oggetti e persone, e anomalie a lunga distanza quando il veicolo si muove a velocità elevata (Task1). Un esempio di rilevazione nel termico è riportato nella figura seguente.



Figura 38 – Sistema di visione artificiale operante nel dominio termico: esempio di rilevazione di persone in prossimità dei binari.

b) La rilevazione in tempo reale della presenza di persone in prossimità della linea quando il veicolo si muove a bassa velocità utilizzando il flusso video da telecamere

mid-range laterali (Task2) e la cattura dei tratti biometrici facciali per un successivo riconoscimento off-line (Task3).

c) La rilevazione e classificazione in tempo reale degli oggetti anomali rilevati in prossimità della linea utilizzando il flusso video da telecamere mid-range laterali (Task2).

d) L'acquisizione di una mappa 2D del percorso utilizzando i sensori lineari ad alta velocità (70 kHz line rate) multispettrali (visibile e near IR) installati lateralmente. La mappa verrà archiviata con l'annotazione del giorno e ora e luogo della rilevazione per poter essere successivamente ricercata e confrontata con le rilevazioni passate in modo da verificare l'eventuale presenza di danneggiamenti o furti di elementi infrastrutturali quali pali, cavi... (Task2)

e) La stima in tempo reale della distanza del veicolo da un veicolo eventualmente fermo, utilizzando il flusso video dalle due telecamere frontali attraverso algoritmi di visione stereo (Task2).

Il sistema effettua infine una mappatura tridimensionale del contesto intorno al veicolo utilizzando il flusso 3D da LiDAR per poter poi rilevare le differenze da una precedente mappa in modo automatico, combinando dati GPS e dati visivi per riconoscere il cambiamento avvenuto.

Alla realizzazione del sistema hanno partecipato i ricercatori del MICC e in particolare i Proff. Marco Bertini e Alberto Del Bimbo.