

Visione Artificiale per il rilevamento ad alta velocità di ostacoli e anomalie sulla linea ferroviaria

Riccardo Gasparini¹, Guido Borghi¹, Giuseppe Scaglione², Vincenzo Calà²,
Simone Calderara¹, Eugenio Fedeli², Rita Cucchiara¹

¹AImageLab, Dipartimento di Ingegneria “Enzo Ferrari”, Università di Modena e Reggio Emilia

²Rete Ferroviaria Italiana (RFI), gruppo Ferrovie dello Stato, Firenze
{nome.cognome}@unimore.it, {g.scaglione, v.cala, e.fedeli}@rfi.it,

Abstract

Questo articolo descrive le linee guida per la progettazione di un sistema di visione artificiale responsabile della supervisione delle linee ferroviarie in regime di interruzione, in particolare per il monitoraggio e il controllo della libertà della sede ferroviaria prima della riattivazione alla circolazione. Infatti, in aree di cantiere temporanee o periodiche, al momento del ripristino della circolazione, vi è il rischio che strumenti e/o strutture mobili possano essere inavvertitamente lasciati fuori posizione, ponendo così un rischio materiale per la circolazione dei rotabili. È previsto che tale sistema di visione sia equipaggiato su un drone autoalimentato operante ad alte velocità durante la notte. Per tale motivo, devono essere prese in considerazione le criticità legate alla disponibilità di una limitata potenza elettrica e alle capacità di elaborazione di un sistema di calcolo integrato.

1 Introduzione

L'ispezione della libertà della sede ferroviaria tramite drone a guida autonoma è uno strumento d'ausilio al *Titolare dell'Interruzione*, ovvero colui che garantisce che la sede ferroviaria sia libera da persone, attrezzature e veicoli, in modo da evitare che avvenga la riattivazione della linea in presenza di potenziali pericoli sulla sede per il materiale rotabile.

Il fine di tale progetto, dunque, è quello di realizzare un prototipo funzionale utilizzabile per i test di monitoraggio in campo. Lo scenario operativo deriva dai lavori programmati sulle linee per l'abbassamento della sede ferroviaria e allargamento delle gallerie. In tale contesto, la circolazione sarà interrotta in determinate fasce orarie con riattivazioni su singolo binario adiacente all'area di cantiere.

2 Letteratura

In letteratura, è possibile trovare sistemi di visione implementati per attività simili a quella affrontata.

Nel 2011, in [Passarella *et al.*, 2011] si è proposto il concetto di sistema di rilevamento degli ostacoli sulle ferrovie indonesiane al fine di prevenire incidenti, dando la conoscenza più

ampia al macchinista circa l'ostacolo con l'aiuto di un sistema a infrarossi. Nel 2013, Nisha *et al.* [Punekar e Raut, 2013] hanno proposto un miglioramento della sicurezza ferroviaria con il rilevamento degli ostacoli e un sistema di tracciamento del treno, utilizzando un modello realizzato con dispositivi GPS e GSM. Sono state implementate tre funzioni; il rilevamento di collisione e di oggetti e la prevenzione degli ostacoli. Nel 2014, Ramasamy ha proposto il rilevamento automatico degli ostacoli nella rete ferroviaria utilizzando un sistema embedded ([Ramasamy, 2014]). Questo progetto è stato realizzato utilizzando un microcontrollore che rileva una barriera sui binari e vicino al passaggio a livello.

Nel 2014, Rajendra *et al.* hanno proposto un sistema di rilevamento e avviso per la ferrovia utilizzando sistemi wireless multi-sensore, GSM, GPS, ultrasuoni e *Micro Electro Mechanical Switch* (MEMS) [Rajendran K, 2014]. In tutti i progetti citati, GPS e GSM risultano essere necessari per trovare la corretta posizione del treno.

3 Specifiche progettuali

L'obiettivo del progetto di ricerca è il rilevamento e il riconoscimento di ostacoli da parte di un sistema di visione montato su un drone leggero, operante nelle seguenti condizioni:

- **Velocità elevata fino a 100 km/h:** tale velocità corrisponde a quella del drone leggero su cui il sistema di visione artificiale verrà installato. Una velocità così elevata rende necessario l'utilizzo di telecamere ad alto frame rate per poter elaborare su più frame lo spazio attorno al drone, sia nella zona antistante al drone (sui binari) che nella zona circostante.
- **Ispezione notturna:** ciò richiede telecamere termiche o a infrarosso in assenza di illuminazione sulla linea oppure un sistema di illuminazione attivo mediante fari proiettori, in modo da ottenere un'illuminazione sufficiente dell'area da monitorare.
- **Elaborazione di immagini ad alta risoluzione:** ovvero di immagini a più risoluzioni per cercare di analizzare lo spazio antistante fino ad una distanza di 200 metri.
- **Elaborazione in tempo reale:** il sistema di visione artificiale dovrà operare in tempo reale e generare allarmi a fronte di ogni ostacolo e/o anomalia riscontrata. Se la rilevazione di un determinato ostacolo o anomalia avviene

con un certo grado di incertezza, dovrà essere possibile generare anche solo *warning*, i quali dovranno essere opportunamente classificati in modo da poter discriminare eventuali falsi allarmi. Dovranno essere valutate soluzioni integrate di nuova generazione con impiego di schede GPU o di soluzioni FPGA.

4 Analisi delle criticità

L'attività di supervisione e ispezione dei binari prevede l'analisi di un *Profilo Minimo degli Ostacoli* (PMO) per un tratto di ferrovia di circa 20km. Tale attività consiste nell'eseguire operazioni di rilevamento ed identificazione di oggetti e ostacoli potenzialmente pericolosi per la marcia di rotabili. Il drone deve far fronte alle specifiche di cui al paragrafo 3, che introducono un serie di nuove problematiche da affrontare.

Le condizioni per la creazione del dataset, di particolare importanza al fine di garantire una corretta fase di addestramento degli algoritmi di visione artificiale, devono essere il più possibili simili alle condizioni future di test e utilizzo del drone leggero, dal punto di vista dell'illuminazione, della tipologia degli ostacoli e delle caratteristiche meccaniche.

In assenza del drone, in quanto sviluppato parallelamente al sistema di visione qui descritto, si prevede di acquisire i dati mediante un rotabile, di notte, che viaggia con velocità comprese tra quelle minime e massime previste dal progetto del drone. La strumentazione hardware, descritta nel paragrafo 5 deve essere analoga a quella previste per il drone.

Le situazioni rilevanti ai fini della creazione del dataset prevedono sia scene in cui non sono presenti ostacoli all'interno del PMO, sia scene in cui sono presenti ostacoli reali (ovvero, coerenti con i materiali e le dimensioni reali dell'oggetto).

Altre criticità derivano dai vincoli di consumo energetico, dal fattore di forma e dal peso della sensoristica utilizzata, imposti dall'utilizzo di un drone leggero auto-alimentato. Inoltre, l'acquisizione durante orari notturni impone l'utilizzo di illuminatori attivi che, comportando un utilizzo notevole di energia, devono essere accuratamente regolati.

Infine, nonostante la gran mole di dati raccolta, e i requisiti di elaborazione in tempo reale, anche il sistema di computazione deve prevedere il più basso consumo energetico possibile.

5 Analisi della strumentazione

- **Telecamere di intensità:** in base alle specifiche riportate, il parametro più importante per queste telecamere è la possibilità di regolare il tempo di esposizione per contrastare l'effetto "mosso" presente in condizioni di acquisizione con scarsa illuminazione ed elevata velocità. Altro parametro chiave è il *frame rate*, che deve essere abbastanza elevato per catturare un numero di immagini sufficientemente rappresentative del tragitto percorso dal drone anche a velocità sostenute. Infine, risulta necessario disporre di più telecamere dotate di diverse ottiche, in modo tale da poter acquisire in maniera specifica porzioni lontane, medie e vicine del PMO.
- **Telecamere di profondità:** questo tipo di telecamere, fornendo in output le coordinate 3D dei punti acquisiti della scena, risultano particolarmente utili per una ricostruzione accurata dello spazio della scena. Il principale

limite è il limitato range di funzionamento, che arriva nel migliore dei casi a circa 15 metri. Queste telecamere solitamente necessitano di illuminatori attivi basati sull'infrarosso, per cui il loro utilizzo è adatto a contesti con sorgenti di luce limitata o del tutto assenti.

- **Telecamere termiche:** le telecamere termiche sono un elemento fondamentale per il rilevamento e la localizzazione di eventuali esseri viventi anche in condizione di totale assenza di illuminazione. Tali telecamere possono inoltre essere utilizzate per discriminare il dominio spaziale appartenente ai binari dal resto dell'ambiente, in quanto la temperatura dei binari è differente da quella del terreno circostante.
- **Telecamere ad eventi:** questo tipo di sensori rappresenta una tecnologia recente nel campo della visione artificiale. Tali dispositivi raccolgono informazione in modo diverso dalle convenzionali telecamere ad intensità (a colori e a livelli di grigio), avvicinandosi maggiormente a quello che è il modo di percepire informazioni della retina umana. L'utilizzo di telecamere ad eventi introduce notevoli vantaggi, come ad esempio un risparmio in termini di banda dati, in quanto registrano solo i cambiamenti a livello di pixel, evitando quindi di acquisire immagini ad alta qualità. Il risultato è un flusso di eventi con una risoluzione temporale in microsecondi, equivalente ai convenzionali sensori di visione che funzionano a migliaia di fotogrammi al secondo, ma che necessitano di sistemi di alimentazione, memorizzazione dei dati e calcolo molto più elevati.
- **Sistema di illuminazione:** gli illuminatori rappresentano la parte più delicata del sistema di visione, in quanto incidono notevolmente sia sulla qualità delle immagini acquisite dalle telecamere di intensità, sia sui consumi energetici del sistema da sviluppare. Risulta quindi importante trovare il giusto compromesso. È necessario inoltre disporre di illuminatori che possano interagire a segnali inviati da remoto, per garantire in maniera dinamica l'accensione e lo spegnimento.

Riferimenti bibliografici

- [Passarella *et al.*, 2011] Rossi Passarella, Bambang Tutuko, e Aditya PP Prasetyo. Design concept of train obstacle detection system in indonesia. *IJRRAS*, 9(3):453–460, 2011.
- [Punekar e Raut, 2013] Nisha S Punekar e Archana A Raut. Improving railway safety with obstacle detection and tracking system using gps-gsm model. *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 4(8):282–288, 2013.
- [Rajendran K, 2014] Vinoth Kumar Rajendran K, Paramasivam M. Detection and warning system for railway track using wireless with multi sensor. *International Journal of Research in Advent Technology*, 2(5):2321–9637, 2014.
- [Ramasamy, 2014] N Ramasamy. Automatic obstacle detection in railway network using embedded system. 13, 2014.