

Ottimizzazione dei treni merci: approccio combinatorio e statistico secondo la UIC IRS 40421

Wednesday 2 September 2026 15:45 (15 minutes)

Il presente studio propone un approccio integrato e multidisciplinare per l'ottimizzazione della sicurezza e dell'efficienza operativa dei treni merci, operando nel quadro metodologico dell'approccio relativo definito dalla normativa UIC IRS 40421. Superando i limiti standard di composizione, il lavoro si pone l'obiettivo primario di minimizzare le forze longitudinali di compressione (LCF) e di trazione (LTF), critiche rispettivamente per la prevenzione dei deragliamenti per instabilità e degli spezzamenti del convoglio. La validazione delle metodologie è condotta su un caso di studio reale: un treno merci da 700 metri, configurazione di riferimento utilizzata per la validazione del software certificato TrainDy.

Il lavoro articola la trattazione attraverso due percorsi metodologici distinti ma complementari. Il primo è un approccio combinatorio basato sul Global Neighborhood Algorithm (GNA), un algoritmo meta-euristico progettato per risolvere problemi di ottimizzazione complessi bilanciando esplorazione globale e sfruttamento locale. Il GNA opera generando, a ogni iterazione, il 50% delle soluzioni tramite ricerca casuale nello spazio globale e il restante 50% nell'intorno (neighborhood) della migliore soluzione corrente. Applicato alla sequenza dei vagoni, identificata dal loro posizionamento univoco, l'algoritmo utilizza operatori di permutazione (two-opt swap) per identificare l'ordine ottimale. I risultati dimostrano che il GNA è in grado di individuare configurazioni sicure con un risparmio di risorse computazionali del 90% rispetto alle tecniche di randomizzazione standard, superando in efficienza anche gli algoritmi genetici.

Il secondo è un approccio che impiega metodi statistici innovativi, basati su: i) la pianificazione e la costruzione di un opportuno disegno sperimentale per i computer experiments che utilizza un numero relativamente basso di prove sperimentali, ii) l'applicazione di opportuni modelli statistici con effetti fissi e casuali, anche in un'ottica di modellizzazione Kriging. Tali metodi statistici avanzati permetteranno, dato uno specifico treno merce, di individuare l'ordine dei veicoli che lo compongono al fine di ridurre le forze di compressione e di trazione scambiate tra di essi.

L'integrazione di queste tecniche offre alle Imprese Ferroviarie uno strumento decisionale potente e a basso costo per massimizzare la capacità di carico e la massa trasportata. Agendo esclusivamente sulla logica di composizione e sulla distribuzione del payload, l'approccio consente di incrementare l'efficienza del trasporto merci senza richiedere investimenti infrastrutturali, garantendo al contempo standard di sicurezza superiori ai convogli tradizionali.

Primary authors: CANTONE, Luciano (Dip.to Ingegneria Impresa Università Tor Vergata); Dr NIKIFOROVA, Nedka Dechkova (Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni "Giuseppe Parenti", Università di Firenze); Prof. BERNI, Rossella (Dipartimento di Statistica, Informatica, Applicazioni "Giuseppe Parenti", Università di Firenze)

Presenter: CANTONE, Luciano (Dip.to Ingegneria Impresa Università Tor Vergata)

Session Classification: Ferroviario

Track Classification: Ferroviario