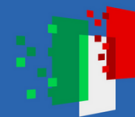




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

CENTRO NAZIONALE
PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

MOST

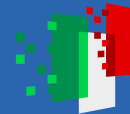
CN 0000023 – PNRR – M4C2 INV. 1.4



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



POLITECNICO
MILANO 1863

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



07 novembre 2025 | 09,30

SPOKE 4

RICERCHE E INNOVAZIONI NEL TRASPORTO FERROVIARIO

Con il patrocinio di
CIFI
COLLEGIO INGEGNERI
FERROVIARI ITALIANI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



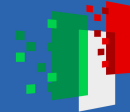
Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

WP3: Digitalizzazione del trasporto ferroviari

WP Leader: Maurice ter Beek, CNR–ISTI

T3.1 Modelli formali per la manutenzione predittiva - Alessio Ferrari, Maurice ter Beek - CNR–ISTI

Partners: CNR, UNIFI, UNINA, UNIPR, UNIRM1, ACCENTURE, HRI, LUTECH, TRENORD

T3.2 Sistemi di monitoraggio a bordo del materiale rotabile e dell'infrastruttura - Riccardo Licciardello - UNIRM1

Partners: CNR, POLIMI, UNIFI, UNINA, UNIRM1, ANGEL

T3.3 Sistemi di monitoraggio a terra per il materiale rotabile e l'infrastruttura - Vito Renò - CNR–STIIMA

Partners: CNR, POLIMI, UNINA, UNIPR, UNIRM1, ISP, ANGEL

T3.4 Drone per l'ispezione autonoma delle infrastrutture - Davide Tarsitano - POLIMI

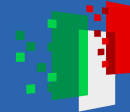
Partners: CNR, POLIMI, UNIFI, ACCENTURE, FSI-RFI



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

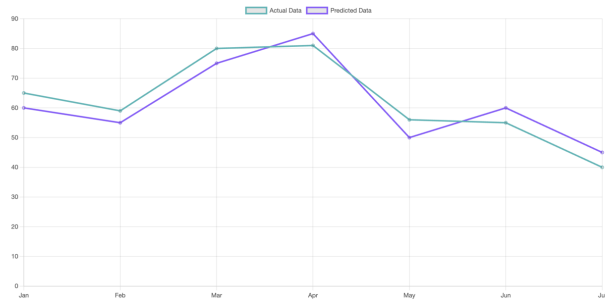
T3.1: Apprendimento di modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

- 4 anni di dati diagnostici TRENORD dell'unità di controllo della trazione di 4 treni TSR e delle attività di manutenzione correttiva e programmata
- 4 approcci di manutenzione predittiva di 4 partner: supervised machine learning (ML) [CNR], fault-tree analysis [UNIFI], data filtering techniques [UNINA] e ML-based forecasting [LUTECH]

Dati Machine Learning

Grafico di Predizione

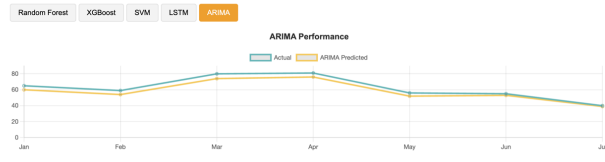


Metriche di Accuracy

Metrica	Valore
RMSE	0.05
Algoritmo usato	Random Forest
Accuracy	95%
True Positive	120
False Positive	12
False Negative	8
Precision	90.91%
Recall	93.75%
F1-Score	92.31%

Confronto Prestazioni Algoritmi

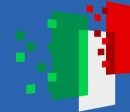
Metrica	Random Forest	XGBoost	SVM	LSTM	ARIMA
Accuracy	95%	96%	92%	94%	89%
Precision	90.91%	92.45%	88.23%	91.12%	85.67%
Recall	93.75%	94.20%	90.15%	92.88%	87.33%
F1-Score	92.31%	93.31%	89.18%	91.99%	86.49%
RMSE	0.05	0.04	0.07	0.06	0.09



Scarica il Report

- Includi il Grafico di Predizione
- Includi le Metriche di Accuracy
- Includi Confronto tra Algoritmi

Scarica il PDF Scarica l'Excel



di modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

- 4 anni di dati diagnostici TRENORD dell'unità di controllo della trazione di 4 treni TSR e delle attività di manutenzione correttiva e programmata
- 4 approcci di manutenzione predittiva di 4 partner: supervised machine learning (ML) [CNR], fault-tree analysis [UNIFI], data filtering techniques [UNINA] e ML-based forecasting [LUTECH]

Vista per il Personale di Ingegneria

Machine Learning | Analisi Fault Tree | AI Filter

Dati Analisi Fault Tree

Livello di Analisi: Tutto Completo

Metrica	Valore	Stato
Affidabilità complessiva	0.87	Nella norma
Probabilità di guasto (24h)	0.08	Attenzione
Probabilità di guasto (7 giorni)	0.35	Attenzione
MTBF (Ore)	420	Nella norma
MTTR (Ore)	3.2	Nella norma

Sistema di Frenatura

Affidabilità: 0.65
Prob. guasto (24h): 0.15
Componenti critici: Valvola freno #4 (0.42), Sensore pressione #2 (0.38)

Sistema Elettrico

Affidabilità: 0.78
Prob. guasto (24h): 0.09
Componenti critici: Inverter #3 (0.35), Batteria ausiliaria (0.28)

Sistema di Controllo

Affidabilità: 0.92
Prob. guasto (24h): 0.03
Componenti critici: Nessuno

Sistema di Aria Condizionata

Affidabilità: 0.88
Prob. guasto (24h): 0.05
Componenti critici: Compressore #1 (0.21)

Visualizzazione Fault Tree

Selezione Componente: Sistema di Frenatura

Dettagli Componente

Nome: Sistema di Frenatura
Affidabilità: 0.65
Prob. guasto (24h): 0.15
MTBF: 210 ore
MTTR: 2.5 ore
Ultimo intervento: 12/05/2023
Stato: Critico

Affidabilità nel Tempo

Componenti Critici

Componente	Sottosistema	Prob. Guasto	MTBF (ore)	Ultimo intervento
Valvola freno #4	Sistema di Frenatura	0.42	210	12/05/2023
Sensore pressione #2	Sistema di Frenatura	0.38	240	28/04/2023
Inverter #3	Sistema Elettrico	0.35	320	15/05/2023
Batteria ausiliaria	Sistema Elettrico	0.28	380	03/05/2023

Scarica il Report

Includi metriche di affidabilità
 Includi lista componenti critici

[Scarica il PDF](#) [Scarica l'Excel](#)

di modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

- 4 anni di dati diagnostici TRENORD dell'unità di controllo della trazione di 4 treni TSR e delle attività di manutenzione correttiva e programmata
- 4 approcci di manutenzione predittiva di 4 partner: supervised machine learning (ML) [CNR], fault-tree analysis [UNIFI], data filtering techniques [UNINA] e ML-based forecasting [LUTECH]

Vista per il Personale di Ingegneria

Machine Learning | Analisi Fault Tree | AI Filter

Dati AI Filter

Panoramica Cluster

Intervallo Temporale: 05/06/yyyy

Selezione Treni/Conveglia: 9 05/06/yyyy

Tutti i treni

Cluster Totale	Eventi Totale	Score Medio	Eventi per Cluster (Medio)
142	1,248	0.52	8.8

Dettagli Cluster

Cluster ID	Eventi Principali	N. Eventi	N. Occorrenze	N. Triple	Score	Stato	Azioni
1	5-33-10-OFF; 5-33-10-ON; 5-33-11-OFF	24	2	2	0.30	Da verificare	Dettaglio <input type="button" value="Elimina"/>
3	7-12-05-ON; 7-12-06-OFF	16	2	2	0.59	Validato	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>
8	2-45-01-OFF; 2-45-02-ON	16	2	2	0.65	Validato	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>
11	9-22-15-OFF; 9-22-16-ON	10	2	2	0.76	Principale	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>

Visualizzazione Cluster

Heatmap Cluster

Score Medio Basso (0-0.2) | Score Basso (0.2-0.4) | Score Medio (0.4-0.6) | Score Alto (0.6-1)

Occorrenze \ N. Eventi	0 -> 40	40 -> 60	60 -> 100	100 -> 200	200 -> 400	400 -> 600	600 -> 800
0 -> 4	12	8	5	3	2	1	0
4 -> 7	15	10	7	4	2	1	0
7 -> 10	18	12	8	5	3	1	0
10 -> 15	20	15	10	7	4	2	0
15 -> 25	25	18	12	8	5	2	1

Eventi per Cluster | Score per Cluster | Occorrenze per Cluster

Regole di Filtraggio

Regole Esistenti

- R-001 Se evento 5-33-10-OFF AND 5-33-11-OFF, filtra eventi correlati (1,60)
- R-002 Se evento 7-12-05-ON, filtra eventi correlati (2,04)
- R-003 Se evento 2-45-01-OFF AND 2-45-02-ON, filtra eventi correlati (1,24)

Editor Regole

Cluster:

Seleziona un cluster

Eventi Primari e Secondari:

Seleziona evento primario

Finestra Temporale (secondi):

Nome Regola:

Descrizione:

Anteprima Regola:

```

@name('COSE-15-200X')
@id('COSE-15-200X')
@desc('COSE-15-200X')
@date('')
@type('')
@category('')
@primary_event=@diagnosticiEventi(Codice="1")
}
}
@score 1.0000000000000000
}

```

Scarica il Report

- Includi Dettagli Cluster
- Includi Regole di Filtraggio

Torna a:

I modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

- 4 anni di dati diagnostici TRENORD dell'unità di controllo della trazione di 4 treni TSR e delle attività di manutenzione correttiva e programmata
- 4 approcci di manutenzione predittiva di 4 partner: supervised machine learning (ML) [CNR], fault-tree analysis [UNIFI], data filtering techniques [UNINA] e ML-based forecasting [LUTECH]

Vista per il Personale di Ingegneria

Machine Learning Analisi Fault Tree AI Filter

Dati AI Filter

Panoramica Cluster

Intervallo Temporale: 05/06/yyyy

Seleziona Trenno/Convoglio: 9 05/06/yyyy [Aggiorna Dati](#)

Cluster Totale: 142 Eventi Totali: 1,248 Score Medio: 0.52 Eventi per Cluster (Medio): 8.8

Dettagli Cluster

Cluster ID	Eventi Principali	N. Eventi	N. Occorrenze	N. Triple	Score	Stato	Azioni
1	5-33-10-OFF; 5-33-10-ON; 5-33-11-OFF	24	2	2	0.30	Da verificare	Definisci Elimina
3	7-12-05-ON; 7-12-06-OFF	16	2	2	0.59	Validato	Definisci Elimina Secondo Principali
8	2-45-01-OFF; 2-45-02-ON	16	2	2	0.65	Validato	Definisci Elimina Secondo Principali
11	9-22-15-OFF; 9-22-16-ON	10	2	2	0.78	Principali	Definisci Elimina Elimina Principali

Visualizzazione Cluster

Heatmap Cluster

Score Medio Basso (0-0.2) Score Basso (0.2-0.4) Score Medio (0.4-0.6) Score Alto (0.6-1)

Occorrenze N. Eventi	0 -> 40	40 -> 60	60 -> 100	100 -> 200	200 -> 400	400 -> 600	600 -> 800
0 -> 4	12	8	5	3	2	1	0
4 -> 7	15	10	7	4	2	1	0
7 -> 10	18	12	8	5	3	1	0
10 -> 15	20	15	10	7	4	2	0
15 -> 25	25	18	12	8	5	2	1

Eventi per Cluster Score per Cluster Occorrenze per Cluster

Regole di Filtraggio

Regole Esistenti

- R-001 Se evento 5-33-10-OFF AND 5-33-11-OFF, filtra eventi correlati (1,60)
- R-002 Se evento 7-12-05-ON, filtra eventi correlati (2,04)
- R-003 Se evento 2-45-01-OFF AND 2-45-02-ON, filtra eventi correlati (1,24)

Editor Regole

Cluster: Seleziona un cluster

Eventi Primari e Secondari: Seleziona evento primario

Finestra Temporale (secondi): 1.5

Nome Regola: [Es: COSE-INC-001]

Descrizione: Descrizione della regola...

Anteprima Regola:

```

@name('COSE-INC-200X')
@desc('Nome regola - valore(*)')
SELECT
  Train pattern I every
  {
    primary_event=@diagnosticoEventi(Codice=*)
  }
  where 1=0 or (1=1) && (SecCode=*)
  }
  
```

[Salva Regola](#) [Test Regola](#) [Riposta](#)

Scarica il Report

- Includi Dettagli Cluster
- Includi Regole di Filtraggio

[Scarica PDF](#) [Scarica Excel](#)

Torna a: [Configurazione Treni](#) [Stato della Flotta](#)

I modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

- 4 anni di dati diagnostici TRENORD dell'unità di controllo della trazione di 4 treni TSR e delle attività di manutenzione correttiva e programmata
- 4 approcci di manutenzione predittiva di 4 partner: supervised machine learning (ML) [CNR], fault-tree analysis [UNIFI], data filtering techniques [UNINA] e ML-based forecasting [LUTECH]

STATO FLOTTA

VISTA CONVOGLI VISTA IMPIANTI VISTA SINOTTICI MAPPA

NOME CONVOGLIO: Select an option
 NUMERO TRENO: Digita Testo
 DEPOSITO: Select an option
 [PDF](#) [Excel](#)
 [CERCA](#)
 [RESET](#)

NOME CONVOGLIO	NUMERO TRENO	LINEA	POSIZIONE	ALLARME PIÙ GRAVE	ALLARMI ROSSI	ALLARMI GIALLI	ALLARMI AZZURRI	ALLARMI GRIGI	ALLARMI BIANCHI	DEPOSITO	STATO CONVOGLIO	DETTAGLIO
RTA2001				▲	22	19	19	78	0	✓	Offline	📄
RTA2001 - RTA2002	2040	SS	📍	▲	0	0	0	0	0	✗	Offline	📄
RTA2003 - RTA2004	2040	SS	📍	▲	0	0	0	0	0	✗	Offline	📄
RTA2012				▲	162	88	78	477	0	✓	Online	📄

« Precedente 1 Successivo »

Mostra 20 righe per pagina

Vista per il Personale di Ingegneria

Machine Learning Analisi Fault Tree AI Filter

Dati AI Filter

Panoramica Cluster

Intervallo Temporale: 05/04/yyyy

Selezione Trend/Conveglio: 0 05/04/yyyy

Cluster Totali	Eventi Totali	Score Medio	Eventi per Cluster (Medio)
142	1,248	0.52	8.8

Dettagli Cluster

Cluster ID	Eventi Principali	N. Eventi	N. Occorrenze	N. Triple	Score	Stato	Azioni
1	5-33-10-OFF; 5-33-10-ON; 5-33-11-OFF	24	2	2	0.30	Da verificare	Dettaglio <input type="button" value="Elimina"/>
3	7-12-05-ON; 7-12-06-OFF	16	2	2	0.59	Validato	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>
8	2-45-01-OFF; 2-45-02-ON	16	2	2	0.65	Validato	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>
11	9-22-15-OFF; 9-22-16-ON	10	2	2	0.78	Principale	Dettaglio <input type="button" value="Elimina Principale"/>

Visualizzazione Cluster

Heatmap Cluster

Legend: Score Molto Basso (0-0.2) | Score Basso (0.2-0.4) | Score Medio (0.4-0.6) | Score Alto (0.6-1)

Occurrences N_Events	0 -> 40	40 -> 60	60 -> 100	100 -> 200	200 -> 400	400 -> 600	600 -> 800
0 -> 4	12	8	5	3	2	1	0
4 -> 7	15	10	7	4	2	1	0
7 -> 10	18	12	8	5	3	1	0
10 -> 15	20	15	10	7	4	2	0
15 -> 25	25	18	12	8	5	2	1

Eventi per Cluster Score per Cluster Occorrenze per Cluster

Regole di Filtraggio

Regole Esistenti

- R-001 Se evento 5-33-10-OFF AND 5-33-11-OFF, filtra eventi correlati (1,60)
- R-002 Se evento 7-12-05-ON, filtra eventi correlati (2,04)
- R-003 Se evento 2-45-01-OFF AND 2-45-02-ON, filtra eventi correlati (1,24)

Editor Regole

Cluster:

Eventi Principali e Secondari:

Finestra Temporale (secondi):

Nome Regola:

Descrizione:

```

Anteprima Regola:
1.2
@name: COSE-ry (e=2000)
@desc: "nome" "desc" - "desc"
@date:
Time pattern: l every
{
  primary_event=@logpostLcEvent(Colice*)
}
@name: 11meri11meri11L1Secocond
1:

```

Salva Regola Test Regola Resetta

Scarica il Report

- Includi Dettagli Cluster
- Includi Regole di Filtraggio

Scarica PDF Scarica Excel

Torna a:

I modelli formali per la manutenzione predittiva

Sviluppo e miglioramento sistemi di diagnostica remota TRENORD

UDT RTAF012

761-012 990-024 990-023 760-012

GOCU

CAPTAZIONE

AT

AZIONAMENTO E GS

BT

PNEUMATICA E FRENO

HVAC CABINA

HVAC COMPARTI

PORTE

TOILETTE

LOGICA E RETI

CABINA

ANTINCENDIO

STOTZ E LUCI

MISCELLANEA

PNEUMATICA E FRENO

PNEUMATICA E FRENO

HVAC COMPARTI

HVAC COMPARTI

PORTE

LOGICA E RETI

LOGICA E RETI

CABINA

ANTINCENDIO

ANTINCENDIO

STOTZ E LUCI

STOTZ E LUCI

MISCELLANEA

MISCELLANEA

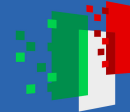
MISCELLANEA



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Sviluppo metodologie per individuare i guasti negli azionamenti di trazione [UNINA]:

- Individuare indicatori di guasto in grado di diagnosticare con anticipo i guasti negli azionamenti di trazione
- Sintetizzare e filtrare la diagnostica dei guasti in sistemi di controllo locali, in modo da ridurre la quantità di dati da inviare al controllore centrale

Applicazione e verifica in lab del monitoraggio del degrado dei cuscinetti dei motori di trazione

- Servono sensori di corrente e misura ad alte prestazioni con costi abbastanza elevati
- il funzionamento può peggiorare in applicazioni ad elevata rumorosità come quella ferroviaria



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Sviluppo metodologie per individuare i guasti negli azionamenti di trazione [UNINA]:

- Individuare indicatori di guasto in grado di diagnosticare con anticipo i guasti negli azionamenti di trazione
- Sintetizzare e filtrare la diagnostica dei guasti in sistemi di controllo locali, in modo da ridurre la quantità di dati da inviare al controllore centrale

Applicazione e verifica in lab del monitoraggio del degrado dei cuscinetti dei motori di trazione

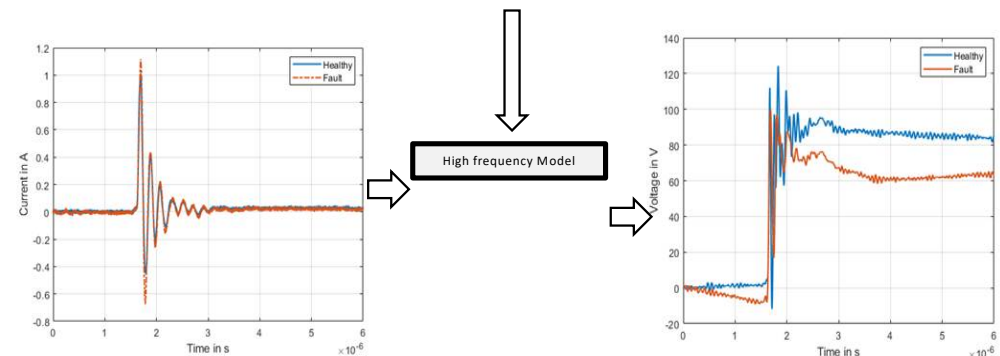
- Servono sensori di corrente e misura ad alte prestazioni con costi abbastanza elevati
- il funzionamento può peggiorare in applicazioni ad elevata rumorosità come quella ferroviaria

Banco sperimentale



Metodologia proposta

$$z_{cm,eq} = \left(\frac{1}{R_1} + j\omega C_1 \right)^{-1} + \left(\frac{1}{R_{1,2}} + j\omega C_2 + \frac{1}{R_{2,2} + j\omega L_2} \right)^{-1} + \left(\frac{1}{R_{1,3}} + j\omega C_3 + \frac{1}{R_{2,3} + j\omega L_3} \right)^{-1}$$

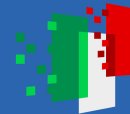




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

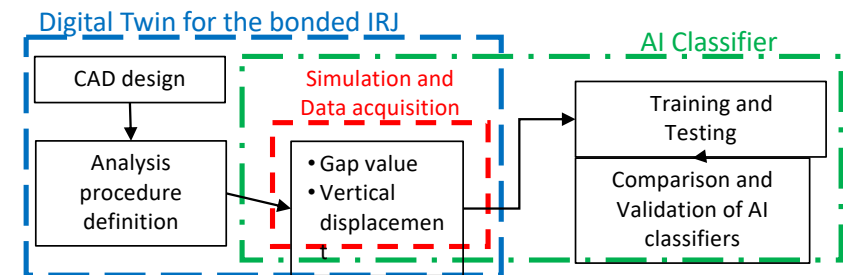


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Integrazione di Digital Twin (DT) e AI per la manutenzione predittiva dei bonded Insulated Rail Joints (IRJ) [UNIPR]

- le risposte del DT che simula il comportamento dell'IRJ incollato vengono usate per addestrare classificatori AI in grado di prevedere lo stato del giunto quando un treno lo attraversa

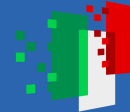




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

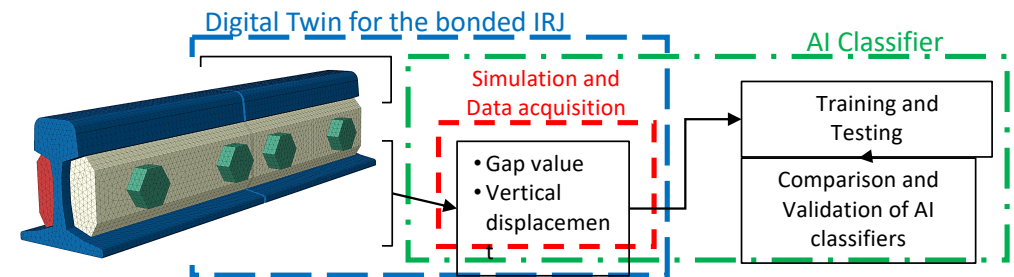


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Integrazione di Digital Twin (DT) e AI per la manutenzione predittiva dei bonded Insulated Rail Joints (IRJ) [UNIPR]

- le risposte del DT che simula il comportamento dell'IRJ incollato vengono usate per addestrare classificatori AI in grado di prevedere lo stato del giunto quando un treno lo attraversa

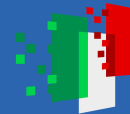




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

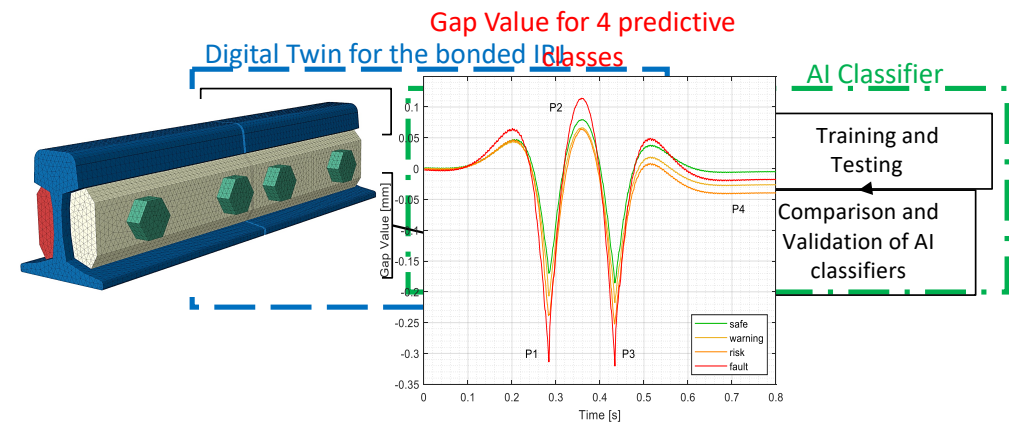


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Integrazione di Digital Twin (DT) e AI per la manutenzione predittiva dei bonded Insulated Rail Joints (IRJ) [UNIPR]

- le risposte del DT che simula il comportamento dell'IRJ incollato vengono usate per addestrare classificatori AI in grado di prevedere lo stato del giunto quando un treno lo attraversa





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca

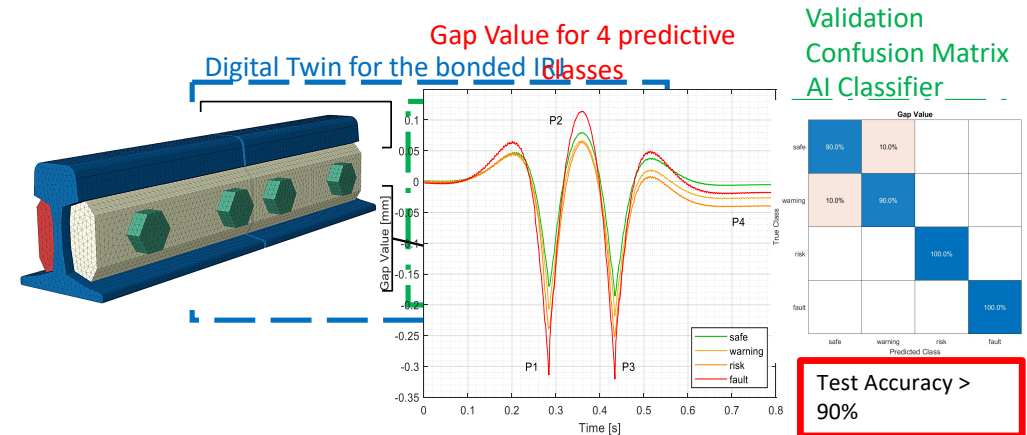


Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Integrazione di Digital Twin (DT) e AI per la manutenzione predittiva dei bonded Insulated Rail Joints (IRJ) [UNIPR]

- le risposte del DT che simula il comportamento dell'IRJ incollato vengono usate per addestrare classificatori AI in grado di prevedere lo stato del giunto quando un treno lo attraversa

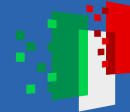




Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

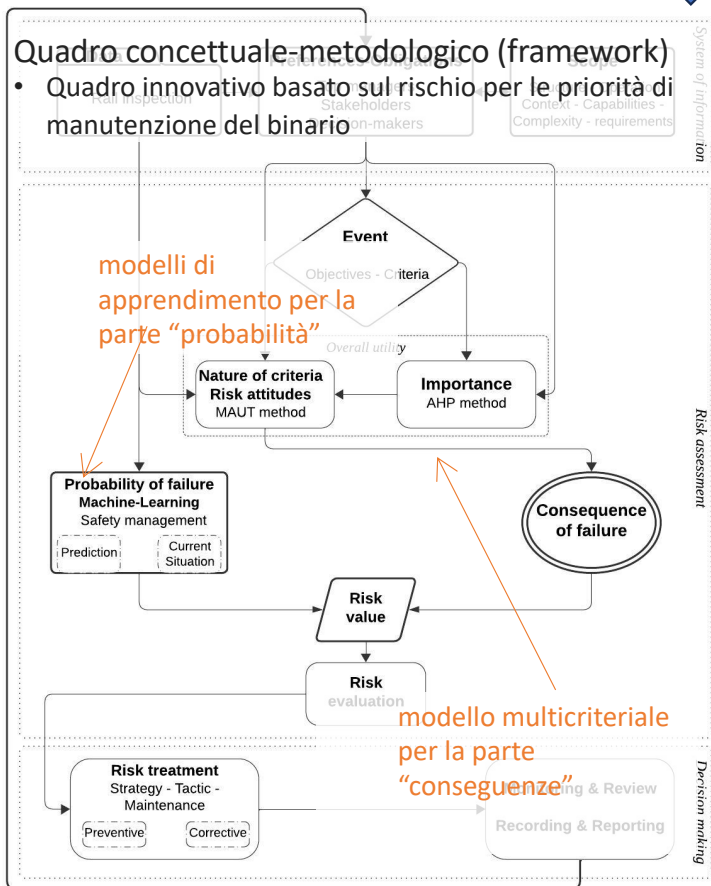


Ministero dell'Università e della Ricerca



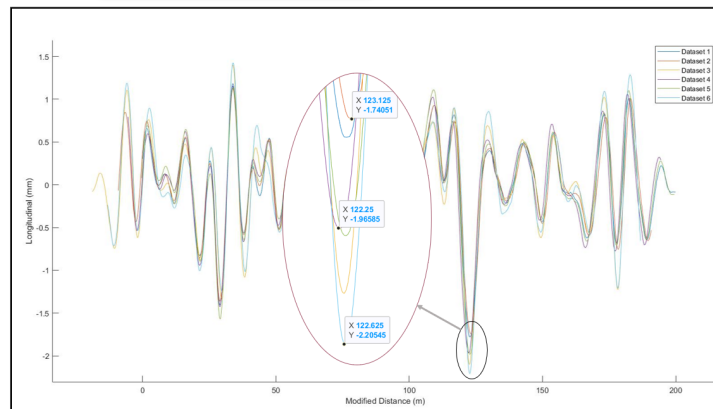
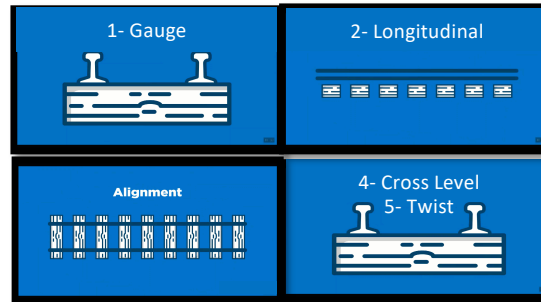
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE



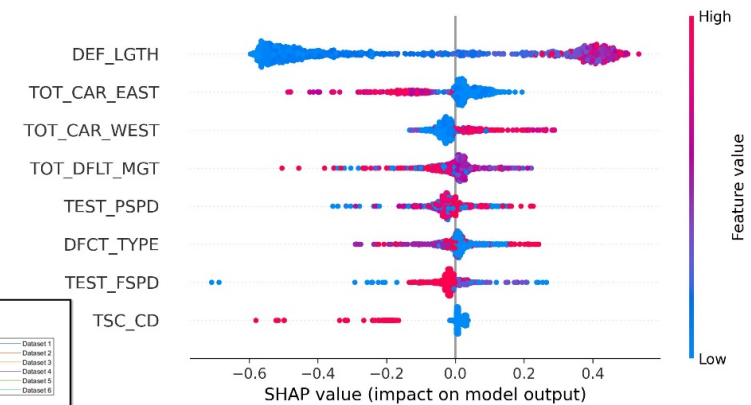
Previsione dell'evoluzione dei difetti geometrici di binario [UNRIM1]

- Metodi di sincronizzazione per rilievi effettuati su veicoli in esercizio
- Valutazione di diversi modelli di apprendimento



"Spiegabilità" dei modelli d'apprendimento con XAI (eXplainable AI)

- Valutazione di diverse tecniche XAI usando la geometria di binario come caso studio



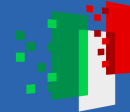
- Trasparenza e comprensibilità dei risultati dei modelli "a scatola nera" anche a non esperti di ML
- Tecniche che spiegano il perché di una previsione da parte del modello di apprendimento



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

T3.2 - Sistemi di monitoraggio a bordo per materiale rotabile e infrastrutture

Matera



Allineamento della singola rotaia

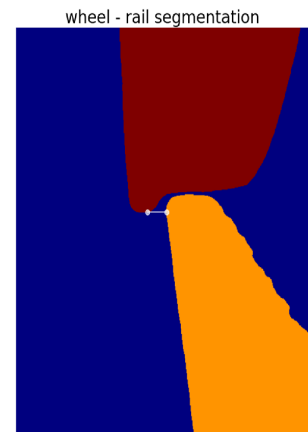
- Sistema ottico-inerziale “plug&play”
 - accelerometro+stereocamera per le irregolarità
 - inclinometro e giroscopio per macrogeometria di tracciato

Sistema “plug&play” di rilievo dei profili ruota-rotaia e deflessioni delle sospensioni

- profilometri di ultima generazione
- valutazione delle prestazioni

Spostamenti laterali ruota-rotaia

- prestazioni tecniche di segmentazione



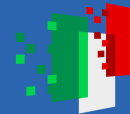
[Tutti i partner]



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca

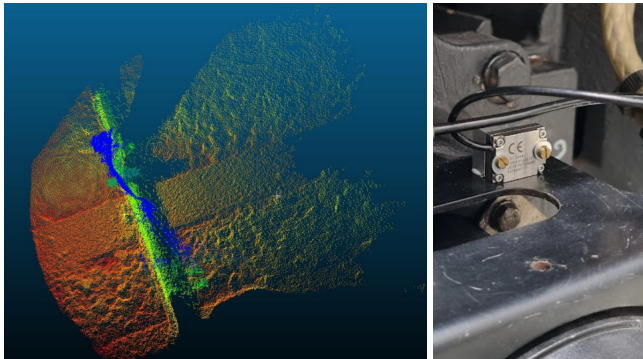


Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

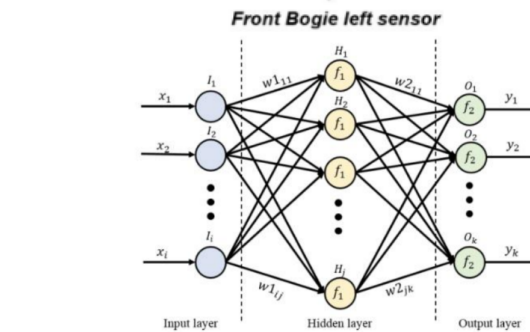
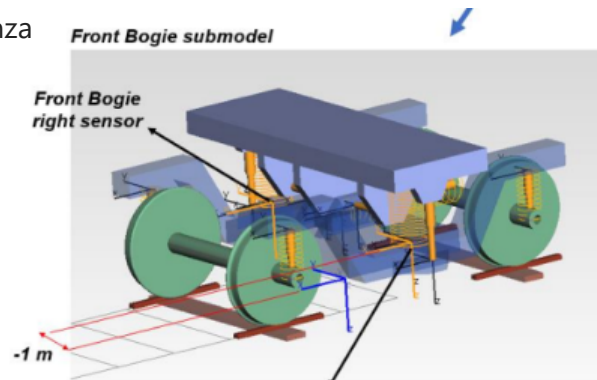
Livello longitudinale

- sistema inerziale a basso costo
- modelli UIO Unknown Input Observer
- valutazione LiDAR per misura spostamenti verticali cassa-binario per componenti di bassa frequenza



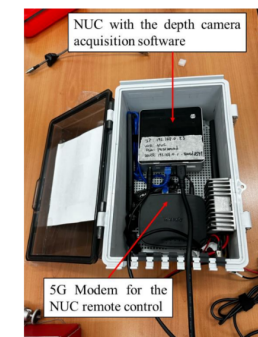
Indicatori sintetici delle irregolarità di binario

- accelerometri/IMU
- valutate reti neurali per la stima degli indicatori
- dimostrazione su veicolo virtuale



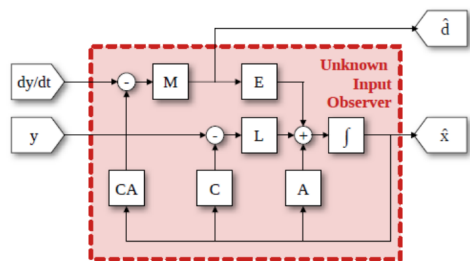
Monitoraggio spostamenti organi d'aggancio

- sensore ottico (stereocamera)
- modello di apprendimento per la misura



System di monitoraggio delle interazioni ruota-rotaia

- iter di brevettazione

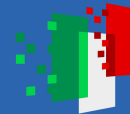




Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

T3.3: Sistemi di monitoraggio lungo il percorso per materiale rotabile e infrastrutture

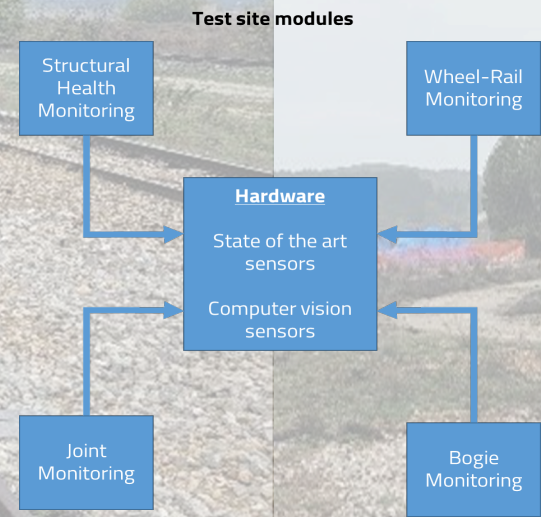
Obiettivo: manutenzione predittiva dell'infrastruttura e dei veicoli [CNR, POLIMI, UNINA, UNIPR, UNIRM1, ANGEL]

TECNOLOGIA PER OGNI MODULO (HARDWARE)

- MOD. B – MONITORAGGIO PONTI – VELOCIMETRI/INCLINOMETRI/SENSORI DI SPOSTAMENTO/IDROMETRO/STAZIONE METEOROLOGICA
- MOD. J – MONITORAGGIO GIUNTI – ACCELEROMETRI / TELECAMERE MULTIPLE
- MOD. O – CARICO SULL'ASSE, VELOCITÀ DEL TRENO E DIFETTI DELLE RUOTE – STRAIN GAUGE/TERMOCOPPIE/TERMOCAMERA
- MOD. V – CONDIZIONI DEL VEICOLO – CAMERE ACUSTICHE

TECNOLOGIA (SOFTWARE)

- ANALISI STATISTICA, ALGORITMI PER SIGNAL PROCESSING, MODELLI DI MACHINE LEARNING O DEEP LEARNING, FEM



SITI DI TEST

- MATERA (ANGEL - MERMEC)
- FER - FERROVIE EMILIA-ROMAGNA
- FERROVIE NORD MILANO – PONTE SUL TICINO SULLA LINEA MILANO-NOVARA
- MADDALONI–MARCIANISE TERMINAL

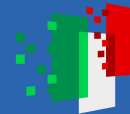
Valutazione del potenziale economico e finanziario dei sistemi di monitoraggio da terra dell'infrastruttura ferroviaria [ISP]



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Mod. B – Monitoraggio ponti



Mod. J – Monitoraggio giunti

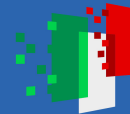




Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU




Ministero dell'Università e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Mod. B – Monitoraggio ponti



- 22 VELOCIMETERS, WITH A TOTAL ENSEMBLE OF 33 VELOCITY MEASUREMENT CHANNELS;
- 22 INCLINOMETERS, DELIVERING 26 MEASUREMENT CHANNELS, INCLUDING 5 INTEGRATED THERMISTORS FOR THERMAL COMPENSATION;
- 10 DISPLACEMENT TRANSDUCERS;
- 8 "4-WIRE" STRAIN GAUGES;
- 8 BIAXIAL WIRELESS ACCELEROMETERS, ALLOWING FOR 16 ACCELERATION MEASURING CHANNELS;
- 1 WATER LEVEL RADAR (WLR);
- 1 WEATHER STATION, COLLECTING ENVIRONMENTAL VARIABLES SUCH AS WIND SPEED, TEMPERATURE, AND HUMIDITY.

- DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A STRUCTURAL MONITORING SYSTEM, TOGETHER WITH A COMPREHENSIVE SIMULATION FRAMEWORK
- DIRECT COMPARISON BETWEEN TRADITIONAL WIRED SENSORS AND A NEW CLASS OF WIRELESS ACCELEROMETERS
- CUSTOM DATA ACQUISITION SYSTEM WAS DEVELOPED USING ESATRON HARDWARE AND CRIO MODULES FROM NATIONAL INSTRUMENTS. THIS ARCHITECTURE SUPPORTS BOTH CONTINUOUS AND TRIGGERED ACQUISITION MODES
- HIGH-FIDELITY FINITE ELEMENT MODEL OF THE MONITORED BRIDGE, ALLOWING TO SIMULATE TRAIN-TRACK-BRIDGE DYNAMIC INTERACTION

Mod. J – Monitoraggio giunti



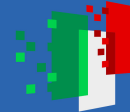
- DEVELOPED A SENSOR FUSION METHODOLOGY COMBINING OPTICAL AND ACCELEROMETER DATA
- OPTICAL MEASUREMENTS SERVE AS GROUND TRUTH FOR DISPLACEMENT ACROSS ALL FREQUENCIES
- ACCELEROMETERS CAPTURE HIGH-FREQUENCY DYNAMIC CONTENT
- EMPLOYED ADVANCED SIGNAL PROCESSING AND MACHINE LEARNING TO FUSE DATA STREAMS
- TRAINED MODELS TO MAP ACCELERATION DATA TO TRUE DISPLACEMENT USING OPTICAL DATA AS REFERENCE.
- APPROACH ACCOUNTS FOR MULTIPLE ERROR SOURCES SIMULTANEOUSLY
- ACHIEVES HIGH-FREQUENCY FIDELITY AND ABSOLUTE DISPLACEMENT ACCURACY
- ENABLES COMPLETE CHARACTERIZATION OF TRACK DYNAMICS ACROSS THE FULL FREQUENCY SPECTRUM.



Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



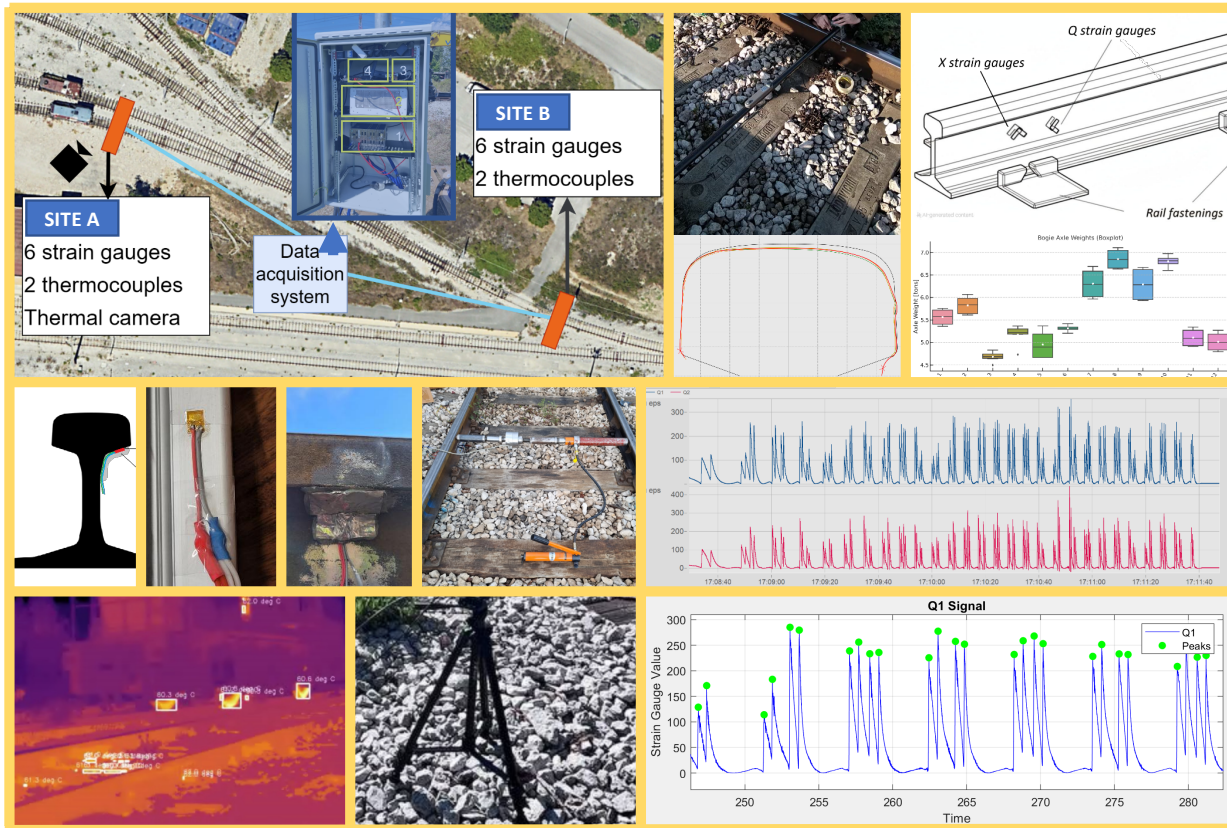
Ministero dell'Università e della Ricerca



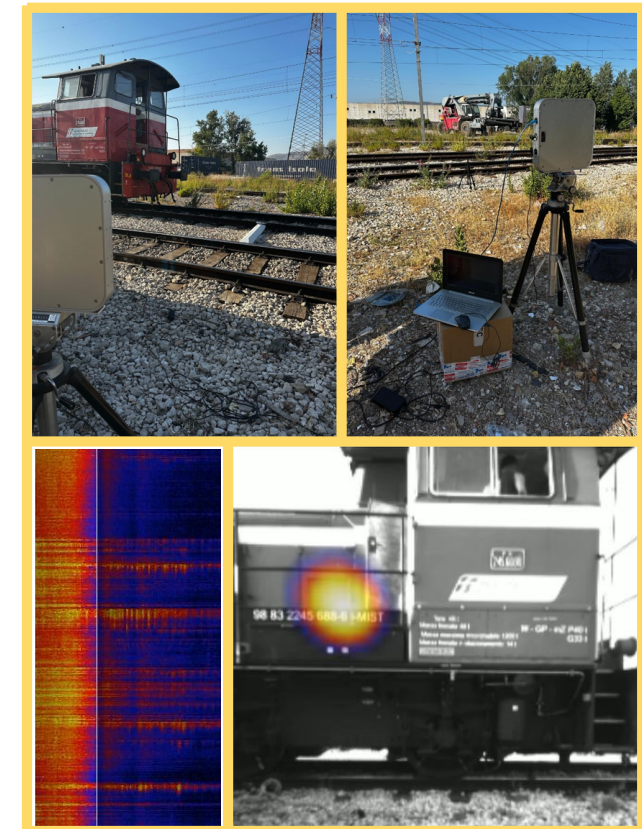
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Mod. O – Carico sull'asse, velocità del treno e difetti delle ruote



Mod. V – Condizioni del veicolo

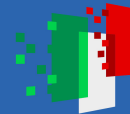




Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU



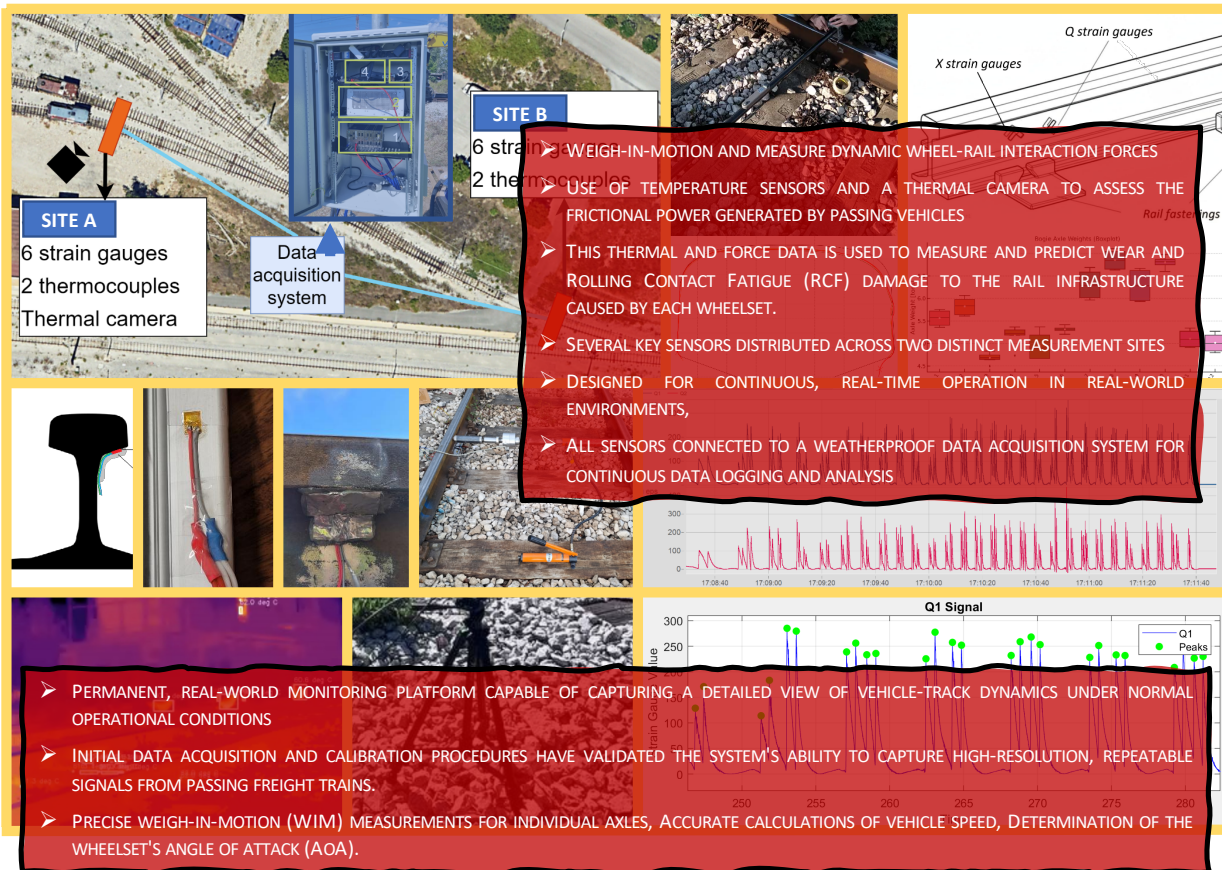
Ministero dell'Università e della Ricerca



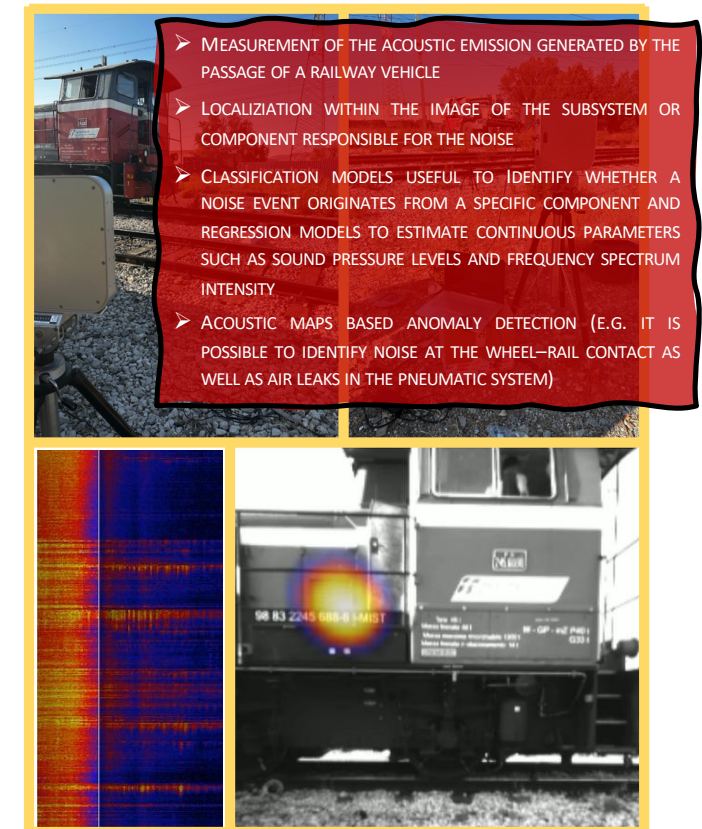
Italiadomani
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Mod. O – Carico sull'asse, velocità del treno e difetti delle ruote



Mod. V – Condizioni del veicolo

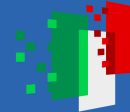




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

T3.4: Monitoraggio di infrastrutture ferroviarie mediante droni

- Operazioni di sorvolo a lunga distanza e velocità elevate
- Utilizzo di camera su stabilizzatore per registrazione immagini e video
- Ricostruzione di anomalie sul tracciato attraverso tecniche di processamento immagini
- progetto e prototipazione di un aeromobile custom causa indisponibilità di prodotti commerciali



[Tutti i partner]



Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

DRONE VTOL PER ISPEZIONI LINEE FERROVIARIE: REQUISITI

Parametro	Requisito
Configurazione	QuadPlane (lift-and-thrust)
Endurance	60 min (senza payload)
Range	40 km (senza payload)
Velocità cruise	60 km/h
Velocità max	90 km/h
MTOM	25 kg
Dimensione caratteristica max	3 m
Descrizione payload	Workswell Wiris Enterprise multi-sensor camera (EO camera+thermal camera+range finder). Gremys Pixy WE gimbal+damping.

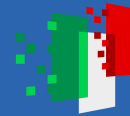




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

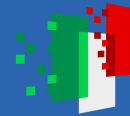




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



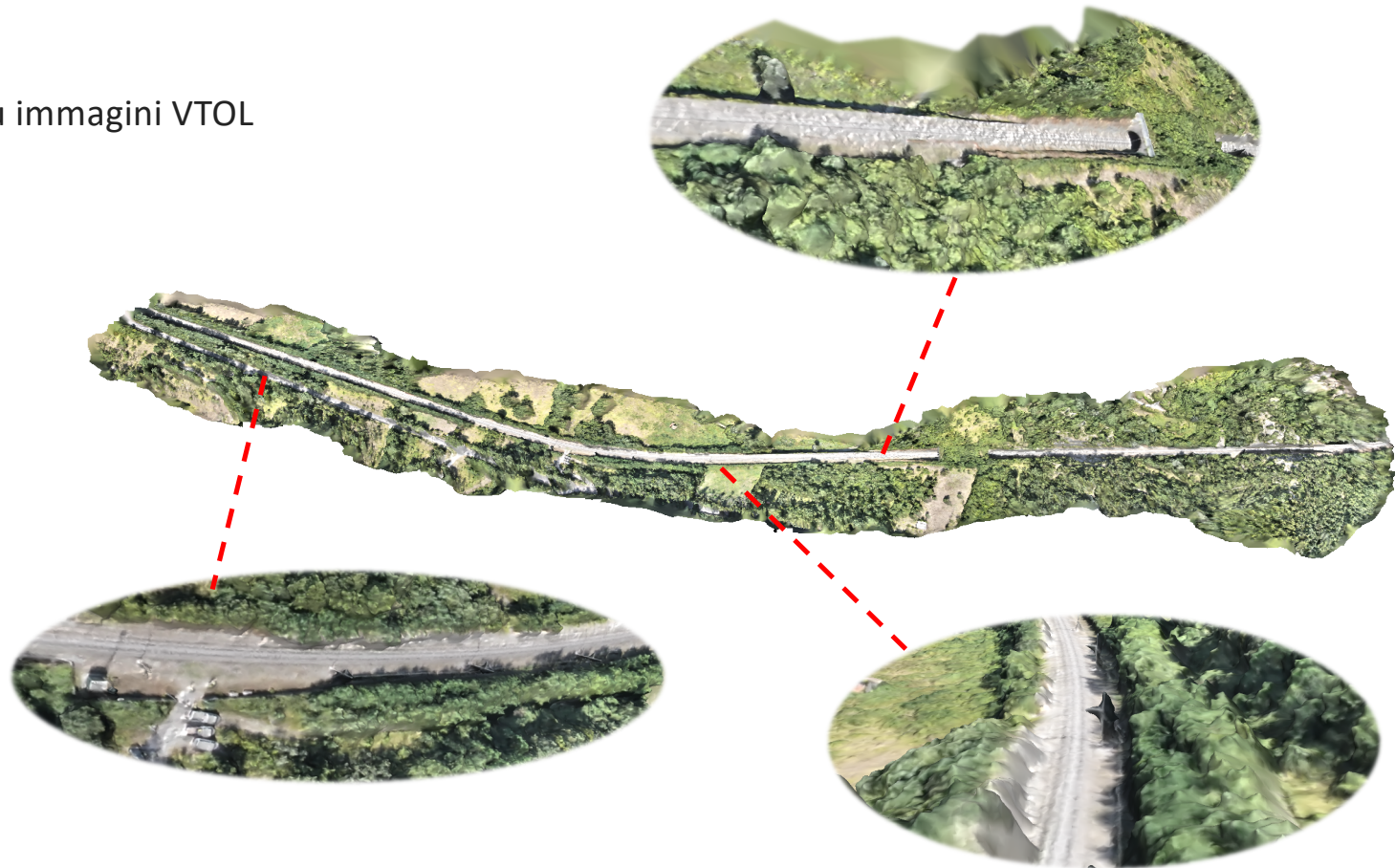
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Modello linea basato su immagini VTOL

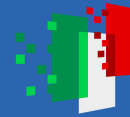




Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



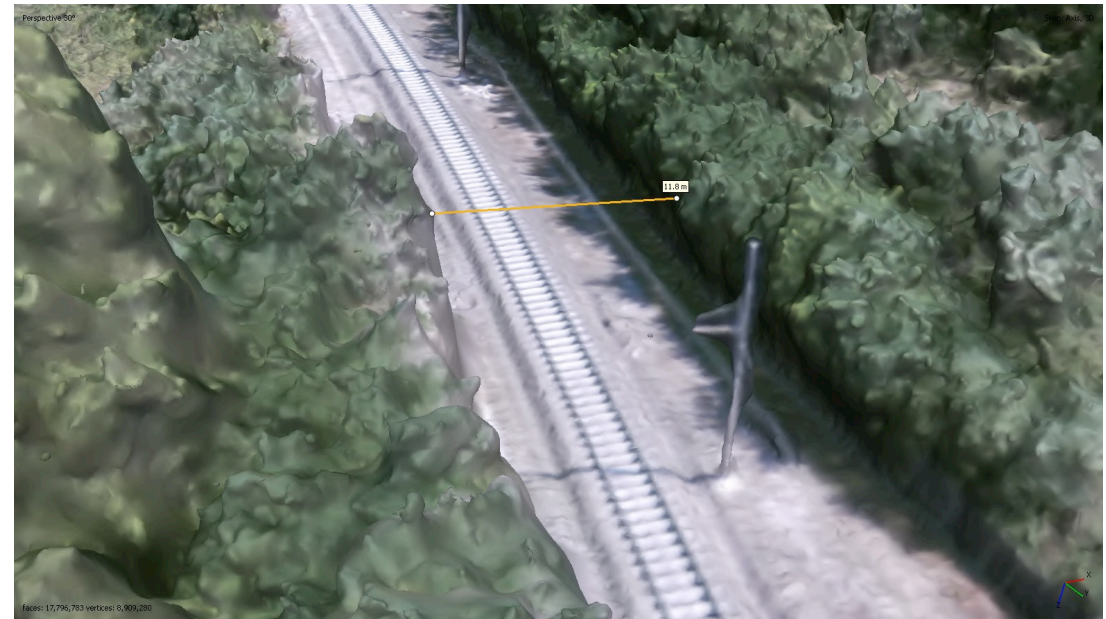
Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

Misura di distanza delle vegetazione direttamente da
modello 3D ottenuto con VTOL





Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU



Ministero
dell'Università
e della Ricerca



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA

MOST
CENTRO NAZIONALE PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

CENTRO NAZIONALE
PER LA MOBILITÀ SOSTENIBILE

MOST

Via Durando 39, 20158 Milano

segreteria@centronazionalemost.it

Tel.02 91773004

www.centronazionalemost.it

