



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

BORSA PER COLLABORAZIONE AD ATTIVITÀ DI RICERCA DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ

Titolo del progetto:

“Sistemi di Structural Health Monitoring per ponti ferroviari ed utilizzo di intelligenza artificiale”

Composizione del gruppo di ricerca:

Prof. Ing. Giada Gasparini (supervisor)

Prof. Ing. Stefano Silvestri

Prof. Ing. Alessandro Marzani

1 DESCRIZIONE DEL PROGETTO DI RICERCA E DELLE ATTIVITÀ DI RICERCA (PIANO DI ATTIVITÀ)

1.1 Il progetto di ricerca

Il forte degrado e i recenti crolli che hanno interessato nell'ultimo decennio alcune delle infrastrutture strategiche della rete italiana (e.g. Ponte Morandi) hanno chiaramente evidenziato la necessità di introdurre nuovi strumenti per il controllo dei livelli di sicurezza e le prestazioni di ponti e viadotti esistenti.



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

In questo senso, il monitoraggio strutturale rappresenta uno strumento fondamentale per valutare lo stato di salute delle strutture, nonché il loro livello di sicurezza e funzionalità. Come indicato nelle *Linee Guida per la Classificazione e Gestione del Rischio, la Valutazione della Sicurezza ed il Monitoraggio dei Ponti Esistenti*, esso può offrire un supporto concreto ai gestori delle infrastrutture, risultando utile nelle attività di *decision making* e nella pianificazione di interventi o procedure di manutenzione.

Ancor più che in ambito stradale, l'applicazione a infrastrutture di tipo ferroviario di sistemi di monitoraggio integrati alla struttura per mezzo dell'installazione di sensori permanenti con acquisizione in continuo è ad oggi una soluzione ancora poco diffusa nella pratica e non sufficientemente studiata, richiedendo quindi ulteriori approfondimenti e sviluppo.

L'obiettivo del progetto proposto è quello di consolidare una metodologia sistematica di analisi e interpretazione in tempo reale dei dati raccolti da sistemi di monitoraggio di tipo continuo, mediante lo sviluppo di piattaforme di analisi, interpretazione e controllo dei dati utili per migliorare le procedure di *decision making* da parte del gestore dell'infrastruttura, con specifico riguardo ai ponti di tipo ferroviario.

Tale obiettivo sarà perseguito attraverso l'applicazione a casi reali di procedure affidabili e innovative per l'analisi di suddetti dati (sia statici che dinamici) acquisiti attraverso sistemi di monitoraggio strutturale a cui il gruppo di ricerca ha accesso (ponti ferroviari della Rete Ferroviaria Italiana).

Nel raggiungimento del suddetto obiettivo sono ritenute rilevanti: (i) la conoscenza approfondita e la capacità di analisi e verifica di ponti e viadotti esistenti, anche in linea con quanto richiesto dalle Linee Guida; (ii) la conoscenza e la capacità di modellazione dettagliata delle caratteristiche strutturali e delle condizioni di esercizio dell'infrastruttura ferroviaria (e.g. interazione convoglio-binario, modellazione e analisi per carichi da treno transienti, algoritmi per l'identificazione dei carichi viaggianti sulla base dei dati disponibili); (iii) la capacità di sviluppare

ALMA MATER STUDIORUM • UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

AMMINISTRAZIONE • VIALE RISORGIMENTO, 2 - 40136 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2093237 - 2093502 - FAX +39 051 2093253
VIA TERRACINI, 28 - 40131 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2090312 - FAX +39 051 2090322
www.dicam.unibo.it - C.F. 80007010376 - P.IVA 01131710376



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

modellazioni numeriche avanzate (e.g. Finite Element Method o Discrete Element Method) che permettano di sviluppare modelli numerici con diversi livelli di dettaglio con riguardo all'ottimizzazione dei costi computazionali; (iv) la conoscenza e la capacità di modellazione dettagliata dei meccanismi di danno che possono essere rilevanti per le principali tipologie di ponti e/o viadotti di tipo ferroviario (e.g. ponti ad arcate in muratura, ponti a travata metallica, ponti in cemento armato precompresso); (v) la conoscenza e la capacità di progetto e/o sviluppo e gestione di sistemi di monitoraggio di tipo continuo statico e dinamico a lungo termine; (vi) la capacità di creare e gestire database di grandi dimensioni (e/o big data) mediante algoritmi automatizzati, sviluppati con linguaggi di programmazione attuali (e.g. Matlab e/o Python).

1.2 Piano delle attività

Per il raggiungimento degli obiettivi sopracitati, si rende necessario promuovere l'affidamento di una borsa per collaborazione alle attività di ricerca, finalizzata ai seguenti aspetti funzionali alle attività del gruppo di ricerca:

1. Definizione e progetto di sistemi di monitoraggio permanente per ponti ferroviari (*sensor layout design*).
2. Definizione e identificazione di parametri statici e dinamici esaustivi per la definizione della risposta strutturale della struttura monitorata (*feature extraction*).
3. Definizione di procedure per l'interpretazione dei dati che integrino una profonda comprensione del comportamento strutturale con algoritmi di tipo data-driven, structural model-based e basati sull'utilizzo di Intelligenza Artificiale (*machine learning*).
4. Definizione e sviluppo di modelli numerici avanzati ed efficienti mediante l'utilizzo di software commerciali quali SAP2000, CSiBridge, 3DEC al fine di (i) analizzare e verificare la struttura monitorata allo stato di fatto, e (ii) modellare e generare, anche tramite

ALMA MATER STUDIORUM • UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

AMMINISTRAZIONE • VIALE RISORGIMENTO, 2 - 40136 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2093237 - 2093502 - FAX +39 051 2093253
VIA TERRACINI, 28 - 40131 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2090312 - FAX +39 051 2090322
www.dicam.unibo.it - C.F. 80007010376 - P.IVA 01131710376



DICAM

DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

interfaccia API, diversi scenari di danno per la creazione di un database di pseudo-dati per l'addestramento di algoritmi di *unsupervised anomaly detection* e *supervised damage classification*.

5. Definizione di procedure per la determinazione di soglie di anomalia, sia mediante l'utilizzo di algoritmi di tipo data-driven, che mediante la definizione di valori di soglia ottenuti dallo studio di modelli rappresentativi dei livelli di sicurezza e delle condizioni di carico reali dell'infrastruttura ferroviaria.
6. Definizione di un protocollo per sistemi early-warning basato su criteri di definizione di condizioni di allerta e allarme per la struttura.

Il titolare della borsa sarà seguito nella sua attività di formazione di base e di ricerca dai membri del gruppo di ricerca.

In particolare egli/ella sarà affiancato/a dalla Prof.ssa Giada Gasparini, dal Prof. Stefano Silvestri, professori associati di Tecnica delle Costruzioni presso il Dipartimento DICAM, e dal Prof. Alessandro Marzani, professore ordinario di Scienza delle Costruzioni presso il Dipartimento DICAM, che guideranno lo svolgimento delle attività di studio e di ricerca.

Il titolare della borsa approfondirà le tematiche di base e collaborerà con il gruppo di ricerca nello svolgimento dell'attività di ricerca descritta nel progetto di riferimento.

1.3 Modalità di svolgimento e durata dell'attività di collaborazione

Il titolare della borsa svolgerà le attività previste in stretta collaborazione con gli altri membri del gruppo di ricerca.

ALMA MATER STUDIORUM • UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

AMMINISTRAZIONE • VIALE RISORGIMENTO, 2 - 40136 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2093237 - 2093502 - FAX +39 051 2093253
VIA TERRACINI, 28 - 40131 BOLOGNA - ITALIA - TEL. +39 051 2090312 - FAX +39 051 2090322
www.dicam.unibo.it - C.F. 80007010376 - P.IVA 01131710376



DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI

Per quanto attiene la ricerca delle esperienze applicative e la raccolta del relativo materiale, l'attività potrà essere svolta in modo relativamente autonomo, secondo le proprie specifiche competenze, ma sempre sulla base delle linee generali di ricerca stabilite dal gruppo.

L'attività di collaborazione avrà durata pari a sei mesi consecutivi.

Il supervisore

Prof. Ing. Giada Gasparini