



CONVEGNO FABRE
PONTI, VIADOTTI, E GALLERIE ESISTENTI:
RICERCA, INNOVAZIONE E APPLICAZIONI
LUCCA, 2-4 FEBBRAIO 2022



Detezione del danno mediante Autoencoders in ponti con sistema di monitoraggio strumentale

Valentina Giglioni^a, Ilaria Venanzi^a, Valentina Poggioni^b, Alfredo Milani^b, Filippo Ubertini^a

^a Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale, Università degli Studi di Perugia, Perugia, Italia

^b Dipartimento di Matematica e Informatica, Università degli Studi di Perugia, Perugia, Italia

Parole chiave: Autoencoders, Detezione del danno, Machine Learning, Apprendimento non supervisionato

SOMMARIO

Come dimostrato dagli eventi catastrofici avvenuti negli ultimi anni, gran parte delle infrastrutture presenti nel nostro territorio risulta essere datata e vulnerabile. Il progressivo peggioramento delle caratteristiche di resistenza, dovuto al degrado dei materiali e alla variazione delle condizioni operative/ambientali, richiede quindi un incremento delle attività di monitoraggio. Ciò si traduce nella necessità di sviluppare strategie efficaci e totalmente automatiche in grado di fornire in tempo reale una valutazione delle condizioni di sicurezza. Grazie ai recenti sviluppi in ambito informatico, tecnologico e sensoristico, l'interesse accademico e industriale verso l'Intelligenza Artificiale e il Machine Learning sta crescendo notevolmente, facendo leva sulle enormi potenzialità e la possibilità di applicazione nell'ambito del monitoraggio strutturale e dell'Ingegneria Civile più in generale.

Nel caso di ponti e viadotti, non essendo disponibili estesi database di collassi reali, gli algoritmi di apprendimento non supervisionato risultano essere maggiormente utilizzati. Tali tecniche, sfruttando la conoscenza di soli dati non etichettati (cioè non associati a condizioni di prestazione strutturale note), riescono ad estrapolare schemi nascosti e a generare autonomamente un modello di classificazione in base alle caratteristiche dei dati osservati in un periodo di addestramento.

In questo contesto, il presente lavoro propone un metodo innovativo per la detezone del danno, basato sull'utilizzo di una particolare rete neurale artificiale, nota con il nome di autoencoder. Il modello viene allenato per ricostruire correttamente sequenze grezze di accelerazione aventi lunghezza predefinita e acquisite in condizioni di integrità strutturale. Completato l'addestramento, la rete viene successivamente testata per ricostruire sequenze di accelerazione della stessa lunghezza ma sconosciute, potenzialmente contenenti anomalie generate da meccanismi di danno. Allo scopo di quantificare la perdita di ricostruzione e, di conseguenza, gli errori tra la sequenza originale e ricostruita, vengono introdotti tre specifici indici, assunti come parametri sensibili al danno, in grado di caratterizzare lo stato di ogni sequenza processata.

Prima di eseguire la detezone del danno, è opportuno il raggruppamento di più sequenze in un'unica macro sequenza dell'ordine di qualche minuto. Di conseguenza, se la percentuale delle sequenze interne danneggiate supera una determinata soglia, la macro sequenza viene classificata come danneggiata.

Avendo associato un autoencoder ad ogni sensore della rete di monitoraggio, la metodologia proposta permette (i) di analizzare la capacità del singolo accelerometro nell'identificare situazioni di danno, fornendo, eventualmente, informazioni sulla localizzazione di uno specifico scenario e, in aggiunta, (ii) di ottenere un sistema di detezone globale che accorpi le informazioni di tutti i sensori attraverso una strategia di apprendimento d'insieme, nota come "ensemble learning".

L'efficacia del metodo implementato è illustrata attraverso le analisi condotte sul ponte Z24, un ponte a telaio in calcestruzzo armato precompresso ben noto e ampiamente investigato in letteratura. I risultati dimostrano che l'algoritmo di machine learning sviluppato consente di identificare chiaramente diversi scenari di danno, impiegando uno sforzo computazionale limitato. Ciò rende la metodologia promettente e particolarmente adatta per valutazioni sullo stato dei ponti monitorati.