

**Borsa di studio attivata ai sensi di quanto disposto dal D.M. n. 1061 del 10/08/2021**

Titolo del progetto: Identificazione del peso dei veicoli basata su reti neurali combinando sensori di deformazione in fibra ottica, fotocamere e misurazioni discrete delle accelerazioni

La borsa sarà attivata sul seguente corso di dottorato accreditato per il XXXVII ciclo:  
INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA

Responsabile scientifico: Walter Lacarbonara

Area per la quale si presenta la richiesta: GREEN

Numero di mensilità da svolgere in azienda: 6

Numero di mensilità da svolgere all'estero: 6 presso University of Southern California, Viterbi School of Engineering

Azienda: RINA Consulting, Via di Castel Romano, 100, 00128 Roma

Il Dipartimento è disponibile a cofinanziare per un importo pari a euro: 5000

Dipartimento finanziatore: DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA STRUTTURALE E GEOTECNICA con delibera del 20/09/2021

Progetto di ricerca:

La metodologia più comune per l'identificazione del peso di un veicolo si basa principalmente sul sistema di pesatura in movimento a ponte (BWIM). Tuttavia, i costi relativamente elevati e la complessa manutenzione del sistema BWIM hanno dato origine a diversi sforzi verso lo sviluppo di tecnologie alternative più efficaci e intelligenti. Il programma di ricerca industriale proposto mira a implementare e testare un quadro intelligente per l'identificazione del peso dei veicoli su ponti con travi multiple a T. Il quadro generale comprende i seguenti elementi chiave: i) misurazione delle deformazioni causate dai veicoli in transito [1] attraverso sensori in fibra ottica; ii) schemi di risposta indotti dai veicoli che attraversano il ponte e acquisiti dagli accelerometri [2]; iii) telecamere di sorveglianza per il monitoraggio stradale [3]. Tutti questi dati vengono poi raccolti in una rete neurale convolutiva [2][3] in modo tale che i pesi dei veicoli e le altre informazioni possano essere direttamente distinti dalle risposte strutturali senza il supporto del sistema BWIM. Il dottorando trascorrerà un periodo di 6 mesi presso la University of Southern California (USA) sotto la supervisione del Prof. Sami Masri, esperto nel campo del monitoraggio strutturale applicato alle infrastrutture civili. Altri 6 mesi saranno trascorsi nella sede italiana del gruppo RINA che rappresenta il giusto partner industriale per condurre il progetto. Il dottorando eventualmente selezionato avrà la possibilità di sfruttare l'esperienza del partner nei settori dei Trasporti e delle Infrastrutture. Uno dei core business del gruppo RINA è quello di fornire servizi dedicati e su misura per i mercati delle infrastrutture, dei trasporti e della logistica, tra cui ferrovie, strade e autostrade.

Il progetto si inquadra nel contesto della sostenibilità dei trasporti e delle infrastrutture e si propone di fornire un contributo per il raggiungimento degli obiettivi del Green Deal Europeo. Tra gli elementi costitutivi emanati dalla Comunità Europea per l'economia di domani, troviamo la "mobilità sostenibile e intelligente" e, una delle azioni per adeguarsi a questo obiettivo consiste in nuovi sistemi di regolazione per sviluppare nuove infrastrutture per i combustibili alternativi. Significa ripensare completamente strade e ponti per essere pronti a nuove classi di veicoli tecnologicamente avanzati che ridurranno le emissioni di CO<sub>2</sub>. In questo contesto, un ruolo importante sarà svolto dalla capacità dei gestori autostradali di realizzare un efficiente sistema di monitoraggio del traffico che operi in tempo reale. Il concetto di nuove strade e ponti intelligenti è subordinato alla possibilità di acquisire in tempo reale informazioni accurate sul numero e sulle caratteristiche dei veicoli in transito. Tali informazioni sono necessarie per: (i) verificare la conformità dell'utente alle nuove normative, (ii) pianificare e modificare tempestivamente l'allocazione di

infrastrutture di ricarica e rifornimento per veicoli più puliti in tutta l'UE, (iii) garantire l'inclusione nel processo di innovazione di zone rurali e remote in considerazione della continua variazione del loro fabbisogno alla quale sono naturalmente soggetti. Il green deal che la nostra società si propone di raggiungere è strettamente legato ad un'adeguata allocazione delle risorse. Questo obiettivo può essere raggiunto solo attraverso una profonda conoscenza dei flussi umani e delle merci senza penalizzare il rispetto della privacy. L'impatto del progetto proposto riguarda anche i piani di manutenzione di strade e ponti verso un'ottimizzazione delle risorse economiche impiegate per le grandi infrastrutture civili. La misura continua delle deformazioni a cui è soggetto un ponte rappresenta una preziosa informazione per stimare la fatica strutturale e per conoscere l'eventuale propagazione di fenomeni di degrado che possono comprometterne l'integrità durante la vita di servizio. L'incrocio di queste informazioni con il peso del flusso di carico sulla struttura è fondamentale per stabilire affidabili sistemi di Structural Health Monitoring. Gli impatti positivi sia sull'ambiente che sulla società sono numerosi. Adeguati sistemi di monitoraggio strutturale di infrastrutture costose consentiranno di sfruttare in modo efficiente l'intera vita utile programmando adeguati piani di manutenzione. La capacità di prevedere e accertare in tempo reale le condizioni strutturali di una grande infrastruttura civile è fondamentale per salvare vite umane dai pericoli naturali ed evitare errori umani e negligenze che hanno causato in passato diversi tragici eventi. L'innovazione e il potenziamento dei sistemi tecnologici è la risposta più efficace a queste problematiche. Inoltre, questi aspetti sono contenuti nei piani NextGenerationEU e REACT-EU per rendere le economie e le società europee resilienti e meglio preparate alle sfide e alle opportunità della transizione verde e digitale.

[1]Zuo, Xiao-Han, Wen-Yu He, and Wei-Xin Ren. "Vehicle weight identification for a bridge with multi-T-girders based on load transverse distribution coefficient." *Advances in Structural Engineering* 22.16 (2019): 3435-3443.

[2]Zhou, Yun, et al. "Novel methodology for identifying the weight of moving vehicles on bridges using structural response pattern extraction and deep learning algorithms." *Measurement* 168 (2021): 108384.

[3]Zhou, Yun, et al. "Vehicle weight identification system for spatiotemporal load distribution on bridges based on non-contact machine vision technology and deep learning algorithms." *Measurement* 159 (2020): 107801.

Titolo del progetto (inglese): Vehicle weight identification based on neural networks by combining fiber optic strain sensors, camera, and sparse acceleration measurements

Progetto di ricerca (inglese):

The most common methodology for vehicle weight identification mainly relies on the bridge weigh-in-motion (BWIM) system. However, relatively high costs and complex maintenance of the BWIM system has originated several efforts towards the development of more effective and intelligent alternative technologies. The proposed industrial research program is aimed at implementing and testing a smart framework for vehicle weight identification on bridges with multi-T-girders. The overall framework includes the following key elements: i) measured strain responses caused by the passing vehicles [1] through fiber optic sensors; ii) response patterns induced by vehicles crossing the bridge captured by accelerometers [2]; iii) roadside monitoring surveillance camera [3]. All these data are then gathered into a convolutional neural network [2][3] in such a way that vehicle weights and the other information can be directly distinguished from the structural responses without the support of the BWIM system. The candidate PhD student will spend a period of 6 months at the University of Southern California (USA) under the supervision of Prof. Sami Masri which is an expert in the field of Structural Health Monitoring applied to civil infrastructures. Other 6 months will be spent in the Italian location of the group RINA that represents the right industrial partner to conduct the project. The eventually selected PhD student will have the possibility to exploit the experience of the partners in the fields of Transport and Infrastructure. One of the business cores of the RINA group is to provide dedicated, bespoke services for the infrastructure, transport and logistics markets including railways, roads, and highways.

The PhD program is framed in the context of the transport and infrastructural sustainability and it is aimed to provide a contribution for fitting the targets of the European green deal. Between the building blocks issued by the European

community for the economy of tomorrow, we find “sustainable and smart mobility “and, one the action for fitting this target consists in new regulation systems to develop new infrastructure for alternatives fuels. It means to completely rethink roads and bridges to be ready for new classes of technological advanced vehicles which will reduce the CO2 emissions. In this context, a huge role will be played by the capabilities of the motorway managers to establish real time and efficient monitoring system of the traffic. The concept of new smart roads and bridges is subordinate to the possibility to acquire in real time accurate information on the number and features of the transiting vehicles. This information is necessary to: (i) check the user’s compliance to the new regulations, (ii) plan and promptly modify the allocation of recharging and refuelling infrastructures for cleaner vehicles across the EU, (iii) guarantee the inclusion to the innovation process of rural and remote areas according to the continuous change of the requirements to which they are naturally subject. The green deal that our society aim to achieve is strictly related to an appropriate allocation of resources. This goal can only be reached through a deep knowledge of the human and goods flows without penalize the respect for privacy. The impact of the proposed project concerns also maintenance plans for roads and bridges towards an optimization of the economic resources employed for the big civil infrastructures. The continuous measurement of the strains to which a bridge is subject represents a valuable information to estimate the structural fatigue and to know the eventual spread of degradation phenomena which can compromise its integrity during the service life. Crossing this information with the weight of the payload flow on the structure is fundamental to establish reliable Structural Health Monitoring Systems. The positive impacts on both the environment and society are numerous. Proper structural monitoring systems for costly infrastructures will allow to efficiently exploit the whole service life programming proper maintenance plans. The capability to predict and ascertain in real time the structural condition of a big civil infrastructure is crucial for saving lives by natural hazard and avoid human errors and negligence which have caused in the past several tragic events. The innovation and enhancement of the technological systems is the more effective answer to these issues. Moreover, these aspects are contained in the plan NextGenerationEU and REACT-EU to make European economies and societies resilient and better prepared for the challenges and opportunities of the green and digital transitions.

[1]Zuo, Xiao-Han, Wen-Yu He, and Wei-Xin Ren. "Vehicle weight identification for a bridge with multi-T-girders based on load transverse distribution coefficient." *Advances in Structural Engineering* 22.16 (2019): 3435-3443.

[2]Zhou, Yun, et al. "Novel methodology for identifying the weight of moving vehicles on bridges using structural response pattern extraction and deep learning algorithms." *Measurement* 168 (2021): 108384.

[3]Zhou, Yun, et al. "Vehicle weight identification system for spatiotemporal load distribution on bridges based on non-contact machine vision technology and deep learning algorithms." *Measurement* 159 (2020): 107801.