Machine Learning Based Health Monitoring of Composite Structures

Abstract

Structural damage of composite materials used in aeronautics and aerospace has attracted increasing attention. Efficient and reliable Structural Health Monitoring (SHM) systems are required to provide a probabilistic interpretation of diagnostics. This work is a special issue of the health monitoring of composite materials. The goal of the study is to develop an automated methodology evolution of defects based on machine learning approaches.

The investigation is carried out based on healthy and damaged status of a composite sandwich panel with a honeycomb core modeled in ANSYS. Vibration responses are obtained by finite element analysis in both statuses. A conventional machine learning method Gaussian Process (GP) with feature extraction techniques Discrete Wavelet Transform (DWT) is proposed to detect the damage occurrence, and a deep learning algorithm Convolutional Neural Network (CNN) with Continuous Wavelet Transform (CWT) is then proposed to predict the occurrence and location of potential damages. In addition, the applicability of the CNN method to different structures and different types of data is studied.

The proposed GP-based method is effective for crack-type damage detection in the studied composite sandwich structure while CNN-based method is capable of detecting crack damage occurrence and its potential location. Besides, it is proposed that the appropriate data types can be selected according to different situations to obtain an optimal performance using the CNN-based method. It is expected that the proposed methods are suitable for damage detection of more complex structures.

Keywords: Structural Health Monitoring, Machine Learning, Composite sandwich structure, damage detection and localization

La surveillance de l’état des structures composites basée sur l'apprentissage automatique

Résumé

Les dommages structurels des matériaux composites utilisés dans l'aéronautique et l'aérospatiale ont attiré une attention croissante. Des systèmes efficaces et fiables de surveillance de l'état de la structure (SHM) sont nécessaires pour fournir une interprétation probabiliste des diagnostics. Ce travail est un sujet spécial de la surveillance et le suivi de l’état des matériaux composites, dont le but est de développer une méthodologie automatisée d'évolution des défauts basée sur des approches d'apprentissage automatique.

La recherche est réalisée sur la base de l'état sain et endommagé d'un panneau sandwich composite à âme en nid d'abeille modélisé dans ANSYS. Des réponses aux vibrations sont obtenues par l’analyse des éléments finis dans les deux états. Une méthode d'apprentissage automatique classique Processus Gaussien (GP) avec la technique d'extraction de caractéristiques la transformation en ondelettes discrète (DWT) est proposée pour détecter l'apparition des dommages.

Ensuite, un algorithme d'apprentissage profond le Réseau de Neurones Convolutifs (CNN) avec la transformation en ondelettes continue (CWT) est proposé pour prédire l'apparition et l'emplacement des dommages potentiels de type fissure. De plus, l'applicabilité de la méthode CNN à différentes structures et différents types de données est étudiée.

La méthode basée sur la GP est efficace pour la détection des dommages de type fissure dans la structure sandwich composite étudiée, tandis que la méthode basée sur CNN est capable de détecter l'apparition de dommages et son emplacement potentiel. En outre, il est proposé que les types de données appropriés puissent aider à obtenir une performance optimale en utilisant la méthode basée sur CNN. On s'attend à ce que les méthodes proposées conviennent pour la détection des dommages de structures plus complexes.

Mots-clés: Surveillance de santé structurale, apprentissage automatique, Structure sandwich composite, détection et localisation des dommages