

STRESZCZENIE

Metody monitorowania stanu technicznego konstrukcji (z ang. *structural health monitoring*, SHM) i badania nieniszczące (z ang. *nondestructive testing*, NDT) stosowane są do przewidywania pozostałego funkcjonalnego okresu użytkowania poprzez odpowiednie metody diagnozowania i prognozowania. W rezultacie celem jest wykrycie i scharakteryzowanie defektów, które mogą zagrażać integralności i funkcjonalności konstrukcji. Obserwuje się jednak, że postęp w dziedzinach SHM i NDT, w których wykorzystuje się fale sprężyste, w ostatnich latach uległ spowolnieniu. Można to przypisać ograniczeniom klasycznych technik przetwarzania sygnałów stosowanych do złożonego i trudnego problemu ekstrakcji cech związanych z uszkodzeniem z sygnałów propagujących się fal. Z drugiej strony przyspieszony postęp w zakresie metod sztucznej inteligencji (z ang. *artificial intelligence*, AI) w ostatnich latach, głównie w zakresie głębokiego uczenia i widzenia komputerowego, ujawnił nowe wymiary rozwiązywania problemów i zaoferował możliwość wdrożenia i integracji z metodami NDT oraz dalej SHM.

Głównym celem rozprawy jest opracowanie nowatorskiego systemu diagnostyki opartej na sztucznej inteligencji do identyfikacji delaminacji w laminatach kompozytowych takich jak tworzywa wzmacniane włóknem węglowym (z ang. *carbon fibre reinforced polymers*, CFRP). Stąd eksplorowany jest potencjał wykorzystania metod bazujących na AI do identyfikacji uszkodzeń w oparciu o propagację fal Lamba. Opracowane systemy AI przyjmują strategię kompleksową (z ang. *end-to-end*) zdolną do przetwarzania animacji propagujących się fal Lamba bezpośrednio na mapę intensywności uszkodzeń.

Dodatkowo podniesiono kwestię powolnej akwizycji danych pełnego pola fal o wysokiej rozdzielczości. Dlatego, aby przezwyciężyć ten problem, przedstawiam podejście głębokiego uczenia, aby zrekonstruować wysokiej rozdzielczości klatki propagujących się fal Lamba i ich interakcji z delaminacją i brzegami konstrukcji z pomiarów o niskiej rozdzielczości. W konsekwencji taka metoda przyspieszy proces akwizycji danych.

Podsumowując, w niniejszej rozprawie doktorskiej zbadam możliwość wykorzystania pełnych pól fal Lamba propagujących się w laminatach kompozytowych CFRP z wykorzystaniem różnych podejść opartych na głębokim uczeniu się do identyfikacji delaminacji w laminatach kompozytowych.

Po rozdziale wprowadzającym i przeglądzie najnowszych osiągnięć (Rozdziały 1-3), omawiam mój wkład w dziedzinę w Rozdziale 4, który składa się z czterech części:

- Rozwój modelu klasyfikacji w pełni połączonej spłotowej sieci neuronowej (z ang. *convolutional neural network*, CNN) zdolnego do wykrywania i lokalizacji delaminacji w płycie CFRP, który wykorzystuje metodę pudełka ograniczającego (z ang. *bounding box*).
- Identyfikacja delaminacji przy użyciu w pełni spłotowych sieci (z ang. *fully convolutional networks*, FCN) trenowanych na obrazach wejściowych reprezentujących

energię obliczoną z sygnałów pełnego pola falowego, w którym modele FCN są w stanie wykonać segmentację obrazu na poziomie piksela.

- Identyfikacja delaminacji bazująca na animacji pełnego pola falowego, w której model jest w stanie zidentyfikować delaminację w płycie CFRP wykorzystując tylko obrazy pełnego pola propagacji fal Lamba.
- Rekonstrukcja obrazu w super rozdzielczości, w której opracowany model głębokiego uczenia jest w stanie zrekonstruować wysokiej rozdzielczości pełne pole propagujących się fal Lamba z pomiarów niskiej rozdzielczości, które są poniżej częstotliwości próbkowania Nyquista.

Ponadto opracowane modele zostały zweryfikowane na danych uzyskanych eksperymentalnie na próbkach CFRP z pojedynczymi i wieloma wkładkami teflonowymi reprezentującymi delaminacje, wskazując, że opracowane modele można wykorzystać do wykrywania i lokalizacji delaminacji, a następnie oszacowania ich rozmiaru.

Wyniki dla wszystkich opracowanych modeli przedstawiono w Rozdziale 5 wraz z dyskusją, po której następują wnioski i opis przyszłych prac w Rozdziale 6.