

POPULARNONAUKOWE STRESZCZENIE PROJEKTU

Celem tego projektu jest opracowanie modelu opartego na połączeniu technologii **cyfrowych bliźniaków** (DT) i **głębokiego uczenia** (DL). Model ten umożliwi identyfikację problemów związanych z awariami oraz przewidywanie trwałości zmęczeniowej klejonych struktur kompozytowych. Badaniem przez nas zagadnieniem jest wykrywanie uszkodzeń i prognozowanie **pozostałego okresu użytkowania** (RUL) klejonych struktur CFRP. Zastosujemy podejście hybrydowe, które integruje techniki DT i DL. Dane treningowe podzielone są na dane symulacyjne oraz dane eksperymentalne. Narzędziem danych symulacyjnych jest model elementów skończonych (FEM), natomiast dane eksperymentalne mierzone są za pomocą metody PZT (wykrywanie uszkodzeń na podstawie fali kierowanej).

W ostatnich latach, wraz z rosnącym trendem do osiągnięcia bezprecedensowego poziomu eko-wydajności, przemysł lotniczy dąży do tworzenia superlekkich konstrukcji. W tym celu materiały kompozytowe zastępują konwencjonalnie stosowane aluminium. Ten sam trend obserwuje się w przemyśle budowlanym, motoryzacyjnym, energetyce wiatrowej, przemyśle okrętowym i offshore. W przypadku połączenia różnych kompozytów można zwiększyć stosunek wytrzymałości materiału w stosunku do jego masy. Jednak projektowanie metod łączenia nie nadąży za tym postępem. Obecnie kompozyty są montowane za pomocą łączników (np. nitów), co powoduje duży spadek wytrzymałości kompozytów. Powodem spadku wytrzymałości są otwory, które przecinają włókna przenoszące obciążenie i w ten sposób niszczą linię obciążenia. Z tego powodu klejenie jest najbardziej obiecującą technologią łączenia kompozytów zarówno pod względem masy jak i wytrzymałości. **Głównymi przyczynami braku akceptacji tej technologii są ograniczona wiedza na temat jej kluczowych parametrów produkcyjnych, technik badań niszczących (NDT), metodologii monitorowania stanu konstrukcji (SHM), a także brak wiarygodnej diagnostyki i prognozowania integralności strukturalnej.**

W projekcie będą prowadzone badania dotyczące obszaru związanego z kompozytem. Podjęto taką decyzję ponieważ obszar ten jest bardziej podatny na uszkodzenia niż podłoże. Aczkolwiek stosowane powszechnie metody w dziedzinie SHM, takie jak fale kierowane i światłowody, z dużą dokładnością mogą wykryć uszkodzenia strukturalne, jednakże wspomniane wyżej metody nie są bezpośrednio stosowane do przewidywania RUL. Samo wykrycie, czy struktura jest wadliwa, w wielu praktycznych zastosowaniach nie wystarcza. Aby osiągać bardziej precyzyjne wyniki, musimy wiedzieć, kiedy struktura ulegnie awarii i jak długo potrwa jej żywotność. Jeśli chodzi o problem przewidywania użytkowania konstrukcji, nieuniknione jest odniesienie się do modelu DL. Po pierwsze, model DL jest oparty na danych, które są wykorzystywane do napędzania modelu. W projekcie przyjęto metodę łączenia symulacji i eksperymentu, używając do tego dużej liczby danych symulacyjnych do trenowania modelu DL. Następnie wykorzystuje się dane mieszane do weryfikacji modelu, a na koniec wykorzystuje dane eksperymentalne do testowania. Taki sposób postępowania pozwala na uniknięcie problemu nadmiernego dopasowania spowodowanego przez pojedyncze źródło danych.

Jak pozyskiwane są dane? Ten temat jest nieunikniony przy każdym użyciu modeli DL. Obecnie wiele badań uzyskuje dane, które dotyczą wzrostu pęknięć w strukturach przy pomocy FEM. Ta metoda pomija klasyczną teorię mechaniki pęknięcia i zaniedbuje obliczenia niektórych kluczowych parametrów (np. maksymalnej siły trakcyjnej i energii pęknięcia w prawie separacji trakcyjnej). Dlatego, aby zbadać problem pęknięcia, należy ponownie rozważyć teorię mechaniki pęknięcia. W związku z tym projekt połączy model wzrostu pęknięć oparty na prawach mechaniki pęknięcia z FEM, aby uzyskać dużą liczbę danych symulacyjnych. Następnie dane symulacyjne zostaną przefiltrowane przez samouczący się model cyfrowego bliźniaka, a poprawne dane zostaną zapisane. Konwencjonalne modele DL często wyprowadzają jedynie punkt jako wynik predykcji, co nie jest wystarczająco rygorystyczne w inżynierii. Zamiast tego, istnieje potrzeba ustalenia przedziału przewidywania, aby uzyskać informację, jak długo może trwać żywotność materiału. Obecnie do osiągnięcia tego celu stosuje się różne metody, takie jak dynamiczne sieci Bayesowskie, metody próbkowania Monte Carlo (MC), itp. Jednakże w celu zastosowania tych metod często konieczna jest zmiana struktury i hiperparametrów sieci DL. Projekt ma na celu wykorzystanie metody łączenia Dropout i MC do przewidywania wyników, tak aby przedział przewidywanych wyników można było uzyskać bez zmiany pierwotnej struktury sieci. Istnieje przekonanie, że będzie to bardzo skuteczna metoda, która nie tylko uniknie przeuczenia, ale także wyprowadzi przedziały predykcji bez zmiany hiperparametrów.

Projekt ten jest innowacyjnym, multidyscyplinarnym podejściem, które łączy teorię mechaniki klasycznej, technologię wykrywania uszkodzeń fal kierowanych oraz najnowocześniejsze technologie DL i DT. Jego celem jest poprawa zastosowania SHM w dziedzinie łączonych materiałów kompozytowych. Projekt uwzględnia nie tylko właściwości mechaniczne pęknięcia materiałów, ale także charakterystykę uszkodzeń w rzeczywistych pomiarach. Mamy nadzieję, że ta dyscyplina wiedzy przyciągnie uwagę większej liczby naukowców, którzy będą mogli współpracować w obszarze zastosowań struktur kompozytowych.