

Streszczenie rozprawy doktorskiej

mgr inż. **Maciej Pawełczyk**

temat: ***Aviation Engineering Applications of Artificial Intelligence for UAV Detection and Gas Turbine Predictive Maintenance***

dziedzina: nauki inżynieryjno-techniczne

dyscyplina: inżynieria mechaniczna

Promotor pracy: dr hab. inż. Marek Wojtyra, prof. uczelni - Politechnika Warszawska

Osiągnięcia w zakresie metod uczenia maszynowego, w szczególności sztucznych sieci neuronowych (określanych potocznie jako „Deep Learning”), umożliwiły znaczący postęp w zakresie wykrywania obiektów oraz przetwarzania danych. W niniejszej pracy wykorzystane zostały najnowsze metody uczenia maszynowego w celu porównania ich jakości oraz zaproponowania najlepszych praktyk umożliwiających szybkie prototypowanie rozwiązań sztucznej inteligencji, głównie w obszarze inżynierii lotniczej.

Obszar inżynierii lotniczej oferuje wyjątkowo szerokie spektrum zastosowań dla algorytmów tego typu, począwszy od inżynierii materiałowej, inżynierii mechanicznej, planowania produkcji, aż do zarządzania, prawa i ekonomii. W dziedzinie nauk technicznych dostępne zastosowania skupiają się – w obrębie problemu regresji – m. in. na przewidywaniu parametrów układu (tworzeniu wirtualnych czujników), a w obrębie problemu klasyfikacji – m. in. w zastosowaniu do wykrywania obiektów lub ich cech.

Problem wykrywania obiektów, analizowany w niniejszej pracy pod kątem zastosowań lotniczych, pierwotnie ukierunkowany był na detekcję uszkodzeń turbin gazowych. Jednak – ze względu na wyzwania związane z pozyskaniem odpowiednio dużego zbioru danych – skupiono się na równoważnym problemie wykrywania Bezzałogowych Statków Latających (BSL), który obecnie bazuje na kosztownym wyposażeniu oraz trudno skalowalnych metodach.

W niniejszej pracy, w pierwszej kolejności, przygotowano nowy zbiór danych przeznaczony do tworzenia algorytmów detekcji dronów, składający się z 51,446 treningowych i 5,375 testowych obrazów, który udostępniono w publicznym repozytorium. Otrzymany zbiór poszerza i uzupełnia znane i szeroko wykorzystywane zbiory do trenowania modeli detekcji, stanowi również największy publicznie dostępny, w pełni opisany zbiór BSL na różnorodnym tle. Docelowy zbiór i otrzymane modele bazują na obrazach pozyskanych w terenie (dzięki czemu znacznie lepiej reprezentują analizowaną klasę) i są obiektem dużego zainteresowania podmiotów prywatnych i instytucji z całego świata.

Następnie zaproponowano nową, półautomatyczną metodę etykietowania zdjęć, którą wykorzystano do utworzenia pełnego zbioru wspomnianego powyżej. Zaletą metody jest możliwość wykorzystania nawet niewielkiego zbioru danych do opracowania algorytmu detekcji już na wstępnym etapie pozyskiwania danych.

Gotowy zbiór danych wykorzystano do utworzenia i przetestowania referencyjnych modeli kaskad Haara (łatwych do wdrożenia dzięki gotowej implementacji w znanym module OpenCV) oraz najnowszych modeli konwolucyjnych sieci neuronowych. Były one następnie intensywnie testowane, co umożliwiło ustalenie minimalnej liczby obrazów niezbędnych do wytrenowania klasyfikatora, określenie optymalnego poziomu pewności detekcji dla różnych modeli, jak również minimalnego czasu trenowania modelu oraz zbadanie wpływu hiperparametrów na wyniki klasyfikatora.

Wyniki otrzymane w oparciu o problem detekcji BSL są bezpośrednio skalowane na inne problemy detekcji niewielkich, rozmytych obiektów o różnorodnym kształcie i tle. Wykrycie takich obiektów to podstawowy cel inspekcji boroskopowej turbiny gazowej, mającej na celu wykrycie pęknięć, rys, przepaleń i innych uszkodzeń. Wyniki przedstawione w niniejszej rozprawie mogą być bezpośrednio wykorzystane w projektowaniu podobnych eksperymentów innych badaczy jak również wdrożone w większe, przemysłowe systemy detekcji.

W aspekcie problemu regresji, w dalszej części pracy, przedstawiono metody wykorzystania algorytmów uczenia maszynowego do predykcji parametrów turbiny gazowej, a konkretnie określenia poziomów ciśnienia w jej trudno dostępnym module. Przetestowano szereg klasycznych modeli uczenia maszynowego oraz wykorzystano porównawcze metody wykorzystujące sztuczne sieci neuronowe. Otrzymane wyniki porównano z modelem referencyjnym. Istotą problemu było również wybranie znaczących zmiennych, umożliwiających zarówno utworzenie prostego modelu regresyjnego możliwego do opisanie w instrukcji serwisowej turbiny, jak również zaawansowanego modelu o wysokiej dokładności, umożliwiającego określenie wartości ciśnienia bez instalacji odpowiedniego czujnika.

Ostatni rozdział rozprawy zawiera podsumowanie osiągniętych rezultatów oraz wskazuje kierunki dalszych badań.