

Recenzja

pracy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Kordowskiego

**pt. „METODA ANALIZY I OCENY ZAPISU PARAMETRÓW LOTU Z
REJESTRATORÓW POKŁADOWYCH W ASPEKCIE SZKOLENIA
LOTNICZEGO”**

Podstawę do opracowania recenzji stanowi pismo Kierownika Sekretariatu Naukowego Sekretarza Rady Naukowej Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych dr. inż. Grzegorza Kowalczyka, prof. ITWL z dnia 27 marca 2023 r. o powołaniu na recenzenta rozprawy doktorskiej mgr. inż. Przemysława Kordowskiego.

Recenzowana praca doktorska z dziedziny nauk inżyneryjno-technicznych (dyscyplina inżynieria mechaniczna) została wykonana w Instytucie technicznym wojsk Lotniczych pod kierunkiem naukowym promotora płk dr. Hab. inż. Mariusza Zieji, prof. ITWL i promotora pomocniczego dr. Inż. Zdzisława Rochala, prof. WAT.

Praca zawiera 152 stron i podzielona jest na 12 rozdziałów poprzedzonych spisem treści, wykazem użytych skrótów i ważniejszych oznaczeń, a zakończona bibliografią liczącą 102 pozycji literaturowych, w tym stron internetowych (netografia), związanych z tematem pracy, spisem rysunków i tablic, spisem fragmentów kodu oraz streszczeniem pracy w języku polskim i angielskim.

1. Omówienie pracy

Praca mgr. inż. Przemysława Kordowskiego dotyczy opracowania metody analizy zapisów parametrów lotu z rejestratorów pokładowych, co umożliwi obiektywną ocenę skuteczności procesu szkolenia lotniczego. Ze spisu literatury wynika, że Doktorant jest współautorem jednej pracy cytowanych w rozprawie.

W rozdziale pierwszym, który jest wstępem do pracy, Autor przedstawia problematykę dotyczącą systemów rejestracji parametrów lotu. Dzieli ją na dwa aspekty: pierwszy aspekt ogranicza się do podnoszenia jakości i ilości rejestrowanych danych, natomiast drugi odnosi się do rozwoju oprogramowania służącego do analizy danych pochodzących z urządzeń rejestrujących. W celu realizacji założeń rozprawy, praca została podzielona na część teoretyczną i praktyczną. W pierwszej z nich opisano aktualny stan rozwoju systemów rejestracji parametrów lotu oraz oprogramowanie bazujące na danych pochodzących z tych systemów. Część praktyczna zawiera opis opracowanych algorytmów, składających się na kompleksowe rozwiązanie problemu automatycznej fragmentacji zapisu lotu na części zawierające konkretne figury pilotażowe

W rozdziale drugim została przedstawiona teza rozprawy doktorskiej:

Opracowana metoda analizy zapisów parametrów lotu z rejestratorów pokładowych umożliwi obiektywną ocenę skuteczności procesu szkolenia lotniczego.

oraz cel rozprawy. Celem użytecznym rozprawy jest opracowanie algorytmów identyfikacji wybranych figur pilotażowych i profili lotu. w. Praca ma na celu dostarczenie narzędzi, które pomogą w procesie szkolenia pilotów oraz usprawnią systemy oceny wyszkolenia lotniczego.

Rozdział trzeci przedstawia systemy rejestracji parametrów lotów, które są ważnym elementem zapewniającym bezpieczeństwo lotów. Służą one do zbierania i zapisywania danych dotyczących lotu, takich jak położenie, prędkość, kąt nachylenia, ciśnienie i inne, które są niezbędne do analizy i monitorowania sytuacji na pokładzie samolotu. W podsumowaniu tego rozdziału Autor stwierdził, że „Osiągnięto poziom technologii w zakresie struktury sprzętowej, który zaspokaja potrzeby użytkowników w zakresie ilości rejestrowanych parametrów oraz częstotliwości ich próbkowania. Systemy zasilane danymi pochodzącymi z urządzeń pokładowych mają przed sobą perspektywę dalszego unowocześniania. Wynika to z dynamicznego rozwoju dziedzin eksploracji danych oraz sztucznej inteligencji.”

W rozdziale czwartym Doktorant scharakteryzował systemy debriefingowe i systemy wspomagania eksploatacji. W obu przypadkach istnieje potencjał do ich dalszego rozwoju, co będzie korzystnie wpływać na zwiększenia efektywności i bezpieczeństwa lotów.

W rozdziale piątym Autor rozprawy przedstawia problemy w szkoleniu i ocenie pilotów w Siłach Powietrznych RP. Dane z rejestratorów lotu są wykorzystywane wielotorowo, a głównymi celami odczytu danych z rejestratorów są określenie stanu technicznego statku powietrznego, ocena techniki pilotowania oraz analiza przyczyn zdarzeń lotniczych. Zapisy z rejestratorów, w zależności od typu rejestratora, pozwalają na prowadzenie debriefingów i szkoleń pilotów. Doktorant przedstawia również systemy zbierania danych z rejestratorów na różnych typach statków powietrznych w SZ RP. Na tej podstawie wyciąga wniosek, że „Po przeprowadzonej analizie problemu, budowa systemowych procedur wspierających obiektywną ocenę wykonywanych manewrów i figur pilotażowych dla Sił Powietrznych jest niezbędna. Brak takich zdolności upośledza SZ RP i powoduje, że organizacja znacząco odbiega od standardów ogólnosiwiatowych. Brak wiarygodnego sposobu monitorowania jakości wyszkolenia personelu latającego, a przede wszystkim brak odpowiednich narzędzi informatycznych eliminujących subiektywną ocenę lotów, rodzi niepewność w obiektywnym diagnozowaniu i prognozowaniu stanu bezpieczeństwa lotów.”

Rozdział szósty poświęcony jest podstawom uczenia maszynowego w kontekście klasyfikacji szeregów czasowych. Doktorant wskazał również dalsze kierunki rozwoju badań. Przedstawił zagadnienia dotyczące procesu uczenia maszynowego, a także dokonał oddziały metod klasyfikacji. Opisał również dynamiczną transformację czasową, którą będzie wykorzystywał w autorskim opracowaniu.

W rozdziale siódmym Autor przedstawia sposób przygotowania danych wejściowych pozyskiwanych z dedykowanego rejestratora parametrów lotu typu QAR, które są zapisane w formacie plików CSV i zawierają 117 parametrów o częstotliwości próbkowania sięgającej 400 Hz oraz ich przetwarzania. W podsumowaniu roz. 7.4 został przedstawiony w uproszczony

sposób schemat przetwarzania danych. Założeniem jest, że zapisy z rejestratora parametrów lotu zostały wcześniej wprowadzone do bazy danych, a poszczególne loty zostały wyodrębnione ręcznie. Przebiegi te są zapisane w postaci rekordów w tabelach bazy danych. Dzięki powiązaniu indeksów rekordów surowych lotów z indeksami rekordów poddanych przetworzeniu, struktura bazy danych umożliwia łatwe odniesienie wyników przetwarzania do surowych danych źródłowych. Takie rozwiązanie umożliwia dalszą eksplorację danych i weryfikację uzyskanych rezultatów.

Rozdział ósmy przedstawia opracowanie autorskiego modelu uczenia maszynowego. Pierwszym z nich jest automatyczne wyodrębnienie fragmentów lotu, które będą poddawane wstępnej klasyfikacji. Aby to osiągnąć, zastosowano implementację algorytmu bazującego na zredukowanych przebiegach wybranych parametrów. Następnie, aby móc skutecznie przeszukiwać lot, zastosowano metodę okienkowania polegającą na iteracyjnym przejściu poprzez zapis lotu oknem o zadanej szerokości. Długość okna jest dobierana w taki sposób, aby możliwie dobrze odpowiadała długościom fragmentów lotów określających daną figurę pilotażową. Wielkość kroku okienkowania została dobrana empirycznie i powinna stanowić około 0,4 długości najkrótszego fragmentu, do którego następuje porównywanie. Długość ta wynika z faktu, iż zastosowana metoda porównywania - DTW pozwala na odnajdowanie zbieżności pomimo przesunięcia w fazie porównywanych przebiegów. Autor opracował własną uproszczoną implementację, opartą na definicji klasycznego algorytmu DTW. Oprogramowanie powstało w języku Python natomiast moduł DTW został napisany w języku C.

Rozdział dziewiąty opisuje proces uczenia modelu. . W celu zobrazowania wyników opracowano aplikację przedstawiającą wyodrębniony fragment lotu. Został on wykonany początkowo na podstawie danych pochodzących z rejestratora parametrów lotu znajdującego się na bezzałogowym statku powietrznym typu NEOX. Została wyodrębniona ręcznie w procesie przeglądania lotu figura, w której statek powietrzny dokonuje zawrotu w lewo. Następnie dokonano przeszukiwania lotu BSP na podstawie figury „zawrót w lewo”. Wyniki przedstawiono w postaci graficznej na rys. 9.4 – 9.18. Następnie Autor „przeprowadza” uczenie modelu na podstawie danych z samolotu TS-1 Iskra na podstawie figury „beczka”. Analiza została wykonana na podstawie trzech lotów. W dalszym etapie pracy dokonano analizy lotu TS-11 na podstawie figury „zawrót w prawo”. W podsumowaniu tego rozdziału Doktorant stwierdza, że „Przeprowadzono z powodzeniem proces uczenia maszynowego, który pozwolił na opracowanie kompleksowego oprogramowania do wykrywania faz lotu oraz na dokładne weryfikowanie jego działania. Opracowane rozwiązanie może stanowić fundament systemu obiektywnej oceny szkolenia lotniczego, dzięki możliwości zautomatyzowania pracochłonnego zadania manualnego przeszukiwania lotów, które jest niezbędne w procesie oceny szkolenia lotniczego. Wprowadzenie takiego narzędzia może znacznie usprawnić proces oceny szkolenia, poprzez zwiększenie efektywności oraz powtarzalności.”

Rozdział dziesiąty to przedstawienie koncepcji metody obiektywnej oceny techniki pilotowania, która jest istotnym elementem procesu zarządzania wyszkoleniem lotniczym. Koncepcja ta została przedstawiana przez Doktoranta na rysunku 10.1 na podstawie zapisu z rejestratora pokładowego. Autor podkreśla również istotność gromadzenia danych oraz automatyczną ocenę wykonywania figur pilotażowych.

Rozdział jedenasty to wnioski Doktoranta, gdzie podkreśla, że opracowana metoda analizy i oceny pozwala na zobiektywizowanie procesu oceny szkolenia lotniczego. Przeprowadzone badania potwierdzają słuszność przyjętej tezy rozprawy doktorskiej. Praca zrealizowana na zbiorze danych pochodzących z rzeczywistych rejestratorów pokładowych dowodzi skuteczności w automatycznym wyodrębnianiu fragmentów lotów. Utrzymanie systemu w dalszej perspektywie czasowej dostarczy informacji zwrotnej w relacji do kluczowych decyzji mających wpływ na proces szkolenia lotniczego.

W rozdziale dwunastym Doktorant zawarł podsumowanie, gdzie wyszczególnił najbardziej innowacyjne elementy pracy pod względem praktycznym jednocześnie udowadniając tezę postawioną na początku pracy.

2. Uwagi

Recenzowana praca ma charakter teoretyczno –praktyczny. Istotne jest autorskie opracowanie modelu przez Doktoranta, który może być zastosowany w procesie szkolenia w Siłach Zbrojnych RP. Rozprawa została napisana w języku komunikatywnym, a zwarte w pracy rysunki są czytelne. Drobnie błędy edytorskie nie wpływają na wartość merytoryczną pracy. Przy netografii nie podano dat dostępu internetowego.

1. Jakie inne filtry zaszumienia można byłoby wykorzystać do potrzeb badanego przedmiotu? Dlaczego zdecydowano się na wykorzystanie filtra Savitzky'ego-Golaya? Jakie przeprowadzono badania empiryczne?
2. Czy do rozwoju metody w dalszym etapie prac zostanie użyty inny model uczenia maszynowego?
3. W jaki sposób określono poziom wzmocnienia współczynnika wagowego w przeszukiwaniu lotu TS-11 na podstawie figury „beczka”?

3. Wniosek końcowy

Po zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgr. inż. Przemysława Kordowskiego pt. „Metoda analizy i oceny zapisu parametrów lotu z rejestratorów pokładowych w aspekcie szkolenia lotniczego” stwierdzam, że praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim.

Na podstawie przedstawionej opinii stwierdzam, że **praca spełnia wszystkie wymagania stawiane rozprawom doktorskim wszczętym przed 30 kwietnia 2019 roku, w tym względzie obowiązujące przepisy to: ustawa z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789 ze zm.) oraz rozporządzenie Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 19 stycznia 2018 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzania czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz. U. z 2018 r., poz. 261), w związku z art. 179 ust. 1-3 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669 ze zm.) i rozporządzeniem Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 11 października 2022 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz.U. 2022 poz. 2202) oraz ustawą z dnia 13 stycznia 2023 r. o zmianie ustawy - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce oraz niektórych innych ustaw (Dz.U. 2023 poz. 212).** **Pozytywnie oceniam**

przedstawioną rozprawę doktorską pod tytułem „Metoda analizy i oceny zapisu parametrów lotu z rejestratorów pokładowych w aspekcie szkolenia lotniczego” i może ona stanowić podstawę do nadania mgr inż. Przemysławowi Kordowskiemu stopnia naukowego doktora nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria mechaniczna. Wnioskuje o przyjęcie i dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Agnieszka Wróblewska
.....

dr hab. inż. Agnieszka Wróblewska