

wpi. 10.05.2023  
ZDITT M. Skarży

Dr hab. inż. Zbigniew Świder, prof. PRz  
Katedra Informatyki i Automatyki  
Politechnika Rzeszowska im. Ignacego Łukasiewicza  
al. Powstańców Warszawy 12  
35-959 Rzeszów

Rzeszów, 27.04.2023

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

*Tytuł rozprawy:* Research and development of a new touch-screen based inceptors design for an aircraft control  
*Autor rozprawy:* mgr inż. Wojciech Tomasz Korek  
*Promotorzy rozprawy:* prof. dr hab. inż. Joanna Polańska, dr Wen-Chin Li  
*Konsultanci:* dr Linghai Lu, dr Mudassir Lone  
*Dziedzina:* nauki inżyniersko-techniczne  
*Dyscyplina:* informatyka techniczna i telekomunikacja

Niniejsza recenzja została przygotowana na zlecenie Rady Dyscypliny Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Politechniki Śląskiej.

### 1. Cel i zakres rozprawy

Rozprawa doktorska mgr inż. Wojciecha Tomasza Korke dotyczy porównania efektywności zastosowania w sterowaniu statkiem powietrznym (samolotem) alternatywnych urządzeń wejściowych, a w szczególności, oprócz klasycznego drążka sterowego czy sidesticka, użycia kontrolera gier wideo (gamepad) czy też ekranu dotykowego (touchscreen).

W pierwszej części rozprawy postawiono trzy główne hipotezy, a w dalszej kolejne dwie:

1. Wprowadzenie alternatywnych kontrolerów lotu, w tym ekranu dotykowego oraz gamepada, może potencjalnie poprawić wydajność pilota.
2. Wykorzystany w badaniach inżynierski symulator lotu pomaga usprawnić badania i potwierdzić wyniki radykalnie różnych urządzeń sterujących w samolocie.
3. Cechy demograficzne, zawodowe i osobiste pilotów mają znaczący wpływ na subiektywne doświadczenie i obiektywne wyniki w testowanym symulatorze lotu.
4. Istnieje znacząca różnica w informacji zwrotnej pilota na temat użyteczności systemu między badanymi trzema urządzeniami sterującymi.
5. Istnieje znacząca różnica w wariancji błędów pilota między badanymi urządzeniami sterującymi.

W ramach pracy przeprowadzono proste testy efektywności wybranych urządzeń wejściowych z zastosowaniem opracowanego na Uniwersytecie w Cranfield inżynierskiego symulatora lotu (EFS) o nazwie Future Systems Simulator (FSS), wyposażonego w rekonfigurowalny i modułowy kokpit oraz modele dynamiki lotu zaimplementowane w środowisku MATLAB/SIMULINK. Badania przeprowadzono na wybranej grupie 74 uczestników w wieku od 21 do 63 lat, w tym zarówno realnych jak i wirtualnych pilotów.

Zadaniem każdego uczestnika była realizacja czterech różnych scenariuszy w symulatorze lotu, używając trzech odmiennych urządzeń wejściowych: sidesticka (SS), gamepada (GP) i ekranu dotykowego (TS). Zebrane dane obejmowały zapisy wydajności symulatora oraz odpowiedzi uczestników na przygotowane wcześniej pytania. Dane te zostały przeanalizowane za pomocą oprogramowania statystycznego w celu zbadania różnic w wydajności i doświadczenia między poszczególnymi grupami uczestników.

Oprócz sprawdzenia alternatywnych metod sterowania samolotem i oszacowania wpływu czynnika ludzkiego w lotnictwie, przeprowadzone badania miały na celu określenie wpływu wybranych cech uczestników na ich zachowanie w trakcie symulowanego lotu.

## **2. Struktura i zawartość rozprawy**

Recenzowana praca doktorska obejmuje formalnie 4 główne rozdziały, poprzedzone wstępem oraz zakończone podsumowaniem. Zasadnicza część rozprawy liczy łącznie 198 stron, a także zawiera bibliografię liczącą 402 pozycje oraz dodatki (wykaz rysunków i tabel oraz wyniki testów).

Praca rozpoczyna się wstępem, w którym przedstawiono motywację i hipotezy przedstawione w rozprawie. Autor krótko prezentuje wybrane kontrolery do sterowania samolotem, rolę symulatorów lotu na rozwój techniki lotniczej oraz rolę czynnika ludzkiego.

W rozdziale 2 dokonano przeglądu literaturowego odnośnie historii symulatorów lotu, interakcji człowiek-system oraz interfejsów stosowanych w innych dziedzinach niż lotnictwo, jak np. transport lądowy i morski, telefonia komórkowa czy przemysł. Opisano także etapy ewolucji i rozwoju urządzeń sterujących w kabinie pilotów oraz technologii ekranów dotykowych.

W rozdziale 3 przedstawiono opracowany na Uniwersytecie w Cranfield symulator lotu o nazwie Future Systems Simulator (FSS), filozofię projektowania, jego architekturę oraz wkład autora w jego rozwój. Przedstawiono rolę czynnika ludzkiego, cel jaki przyświecał przy projektowaniu tego symulatora, modułowość struktury kokpitu oraz jego możliwości konfiguracyjne.

W rozdziale 4 przedstawiono metodykę stosowaną w procesie gromadzenia danych w przeprowadzonych eksperymentach, a w szczególności poinformowania uczestników o celach symulowanych misji, prezentacji pomysłów i zadań wraz z określeniem subiektywnej skali stosowanych ocen.

W przedostatnim rozdziale podsumowano wyniki badań przeprowadzonych na symulatorze, przedstawiono sposób zbierania danych, ich organizacji, przetwarzania i filtrowania, jak również analizy statystycznej istotnych czynników wpływających na wyniki, w tym dla każdego przebadanego urządzenia wejściowego.

W rozdziale 6 podsumowano uzyskane wyniki, pokazano ich związek z przedstawionymi wcześniej hipotezami oraz zaproponowano dalsze kierunki rozwoju, przypominając jednocześnie o istniejących ograniczeniach.

### 3. Najważniejsze osiągnięcia rozprawy

Biorąc pod uwagę zawartość pracy oraz pozytywną ocenę jej zawartości merytorycznej, za główne osiągnięcia Autora należy uznać przeprowadzenie wstępnych badań wraz z analizą statystyczną możliwości i efektywności zastosowania alternatywnych urządzeń sterujących w kokpicie samolotu, takich jak kontroler gier wideo (gamepad) czy też ekran dotykowy (touchscreen), jak również wpływu czynnika ludzkiego na jakość sterowania w symulowanych scenariuszach lotu.

Najważniejszymi elementami rozprawy decydującymi o jej wartości naukowej i badawczej są:

1. Przeprowadzenie wstępnych badań na symulatorze lotu dla trzech wybranych urządzeń sterujących, w tym bocznego drążka sterowego (sidestick), kontrolera gier wideo (gamepad) oraz ekranu dotykowego (touchscreen).
2. Przygotowanie scenariuszy (cztery zadania) dla wybranej grupy testerów (w tym pilotów realnych i wirtualnych) obejmujących ręczne sterowanie w obecności zakłóceń wzdlużnych i bocznych (np. porywy wiatru), a także lądowania przy bezwietrznej pogodzie (warunki idealne) oraz przy turbulencjach przypowierzchniowych.
3. Zebranie danych dla każdej sesji symulacji, w tym informacji demograficznych, doświadczenia uczestników w pilotowaniu statków powietrznych, danych z poszczególnych kontrolerów samolotu oraz danych z symulacji lotu (pozycja samolotu, dane systemów nawigacyjnych itp.).
4. Szczegółowe opracowanie statystyczne zebranych danych oraz dogłębna analiza interakcji między poszczególnymi zmiennymi wraz z kierunkami przyszłych badań.

Należy zauważyć, że Autor podjął się realizacji bardzo ciekawego oraz istotnego z punktu widzenia praktycznych zastosowań tematu badawczego. Poszczególne wyniki badań zostały opublikowane w kilku współautorskich pracach w języku angielskim, co świadczy pozytywnie o dużej wiedzy Autora rozprawy w zakresie poruszanej tematyki badawczej.

### 4. Poprawność pracy i uwagi krytyczne

Poprawność treści rozprawy nie wzbudza istotnych zastrzeżeń, a stwierdzenia w niej zawarte mogą być podstawą do dalszych badań, co wynika z zawartych w pracy podstaw teoretycznych popartych wynikami przeprowadzonych badań eksperymentalnych.

Jednocześnie Autor nie ustrzegł się pewnych drobnych niedociągnięć, a wśród uwag o charakterze krytycznym, a po trosze i dyskusyjnym, można wymienić:

1. W jednym ze scenariuszy zaprogramowano przy lądowaniu zmniejszenie ciągu do minimum (przy automatycznej przepustnicy) oraz włączenie hamulców powietrznych na wysokości 50 stóp nad pasem, co skutkowało uderzeniem w pas z przyspieszeniem ok. 3 G. Taka sytuacja jest raczej nierealna przy standardowym podejściu do pasa, gdyż przy lądowaniu ręcznym zwykle wyłącza się automatyczną przepustnicę na znacznie większej wysokości niż 50 stóp i dalej już ręcznie steruje ciągiem i hamulcami oraz powierzchniami sterowymi samolotu (nie dotyczy to tzw. „lądowania w automacie” - autolandu). Skąd więc taki scenariusz?
2. Według opisu Autora, uczestnicy symulacji nie mogli używać steru kierunku (orczyka, pedałów), więc albo nie mogli ręcznie koordynować zakrętów (wyslizgu lub ześlizgu), albo obywało się to automatycznie (sterował tym autopilot). Czy miało to wpływ na wyniki badań, a jeśli nie, to dlaczego?

3. Symulator użyty do badań (FSS) nie symulował ruchów kabiny i przeciążeń występujących podczas lotu (miał nieruchomą podstawę) oraz nie symulował oświetlenia zewnętrznego (np. występowanie odbłasków na ekranach dotykowych). Jaki to mogłoby mieć wpływ na otrzymane rezultaty i wyciągnięte wnioski (szczególnie przy sterowaniu z ekranu dotykowego)? Czy byłyby one identyczne, gdyby kokpit symulatora był ruchomy i były symulowane przeciążenia występujące podczas lotu (szczególnie w warunkach turbulencji i braku widoczności na zewnątrz – lot w chmurach lub w nocy)?
4. Czy zdaniem Autora rozpatrywane urządzenia sterujące (gamepad, touchscreen) mogą mieć zastosowanie w samolotach wojskowych (np. myśliwcach, gdzie konieczne są bardzo szybkie reakcje i występują bardzo duże przeciążenia, a więc np. problemem jest sięgnięcie ręką do wyświetlacza dotykowego, a wzrok jest skierowany na wyświetlacz HUD) oraz lotach pasażerskich dużymi samolotami odrzutowymi, gdzie bezpieczeństwo pasażerów jest najważniejsze, a tradycyjne urządzenia sterujące (dźwonek sterowy, wolant, sidestick) mają bezpośrednie mechaniczne (lub elektryczne) połączenie z płaszczyznami sterowymi (stery, lotki), aby w razie awarii hydrauliki (lub komputerów sterujących lotem) móc choć w małym stopniu sterować samolotem? Zatem, czy zdaniem Autora, wyniki przeprowadzonych badań (a w szczególności wykorzystanie gamepada czy ekranu dotykowego do sterowania samolotem) mogą znaleźć ew. zastosowanie jedynie w małych eksperymentalnych samolotach (General Aviation)?
5. Drobne uwagi szczegółowe (najważniejsze):
- Str. 51 – trochę zbyt mała czcionka na rys.3.10 (opisy są mało czytelne).
  - Str. 75 – tytuł podrozdziału 4.6 powinien być na kolejnej stronie.
  - Str. 79 – trochę zbyt mała czcionka na rys.4.16, to samo na rys.5.9 (str. 122) i kolejnych.

## 5. Podsumowanie

Przytoczone wyżej uwagi dyskusyjne nie umniejszają zasług Autora ani nie kwestionują przedstawionych osiągnięć, a opisywana w pracy problematyka dotyczy aktualnych i interesujących zagadnień naukowych. Recenzowana praca zasługuje na pozytywną ocenę merytoryczną i wnosi istotny oraz oryginalny wkład w dziedzinę informatyki technicznej. Postawione cele i zadania pracy zostały zrealizowane, a jej tematyka wpisuje się we współczesny nurt badań w tym zakresie.

Stwierdzam zatem z pełnym przekonaniem, że opiniowana rozprawa Pana mgr inż. Wojciecha Tomasza Korka pt. „Research and development of a new touch-screen based inceptors design for an aircraft control” zawiera samodzielne rozwiązanie ważnego i istotnego problemu naukowego, jednocześnie spełniając wszystkie wymagania przewidziane dla rozpraw doktorskich w aktualnie obowiązującej Ustawie o Tytule Naukowym i Stopniach Naukowych.

W związku z tym stawiam wniosek o **dopuszczenie rozprawy doktorskiej do publicznej obrony.**

Dr hab. inż. Zbigniew Świder