

dr hab. inż. Tadeusz Kwater prof. ucz.
Zakład Informatyki
Instytut Inżynierii Technicznej
Państwowa Wyższa Szkoła Techniczno-Ekonomiczna
im. ks. Bronisława Markiewicza w Jarosławiu
ul. Czarnieckiego 16
37-500 Jarosław

Rzeszów 04.09.2019 r.

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr inż. Piotra Szczerby pod tytułem:

**Wykorzystanie sygnałów wizyjnych do sterowania samolotem podczas
wyprowadzenia z korkociągu.**

Niniejsza recenzja została przygotowana w odpowiedzi na pismo Dziekana Wydziału Budowy Maszyn i Lotnictwa Politechniki Rzeszowskiej - Pana prof. dr hab. inż. Jarosława Sępa, z dnia 11 lipca 2019 r., w związku z postępowaniem o nadanie stopnia naukowego doktora nauk technicznych Panu mgr inż. Piotrowi Szczerbie.

Celem głównym pracy doktorskiej jest „opracowanie koncepcji i rozwiązania systemu wykorzystującego przetwarzany sygnał wideo do automatycznego wyprowadzenia samolotu z korkociągu stromego”.

Ponadto Autor formułuje cztery cele niezbędne do realizacji głównego celu pracy oraz cztery cele dodatkowe wynikające z wykonania wszystkich celów. Pierwsze z wymienionych to:

1. „opracowanie koncepcji i algorytmów wizyjnych pełniących rolę narzędzia pomiarowego do wykrycia korkociągu, poszczególnych faz oraz określenia cech związanych z parametrami samolotu w tym stanie w oparciu o analizę obrazu,”

2. „opracowanie koncepcji i sposobu dla sterowania samolotem w korkociągu w celu automatycznego wyprowadzenia za pomocą sygnałów z układu analizy obrazu,”

3. „opracowanie stanowiska badawczego do badania algorytmów wizyjnych, poprawności działania oraz skuteczności dla ewentualnego potencjalnego układu sterowania samolotem w stanie symulowanego korkociągu,”

4. „badania w locie, w celu weryfikacji działania systemu w warunkach rzeczywistych.”

Cele dodatkowe sformułowano jako:

1. „studium dotyczące mechaniki lotu, dynamiki lotu oraz zasad pilotażu w korkociągu,”

2. „studium dotyczące wizyjnych metod przetwarzania obrazu, współczesnych systemów optoelektronicznych oraz niekonwencjonalnych technik sterowania,”

3. „próby przeprowadzone w środowiskach symulacyjnych oraz aplikacjach do 3D w celach wizualizacji oraz weryfikacji rozwiązań ki badawczej”,

4. „studium przeszłego i aktualnego stanu wiedzy dotyczącego badań nad korkociągami oraz wykorzystaniem systemów wizyjnych w eksploatacji maszyn, w tym w lotnictwie .”

Autor stawia następującą tezę: „Możliwe jest stworzenie systemu pomocnego do wyprowadzenia samolotu ze stanu korkociągu, na podstawie informacji uzyskanych z analizy obrazu z kamery, umieszczonej na jego pokładzie„.

1. Zawartość rozprawy

Praca liczy 199 stron, składa się z 8 rozdziałów, zawiera 110 pozycji literatury. W cytowanej bibliografii Autor rozprawy występuje jako współautor w 4 publikacjach, tj.:

- a) Autobusy: Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, punktacja MNiSW z 2017 r. – 7 punktów
- b) Rozdział w monografii jako Conference Proceedings: 22nd International Conference Computer Systems Aided Science, Industry and Transport - TRANSCOMP 2018, punktacja MNiSW z 29-04-2019: 20 punktów.
- c) Rozdział w monografii z notką bibliograficzną Niemieckiej Biblioteki Narodowej (2013).
- d) Eksploatacja i Niezawodność -Maintenance and Reliability, punktacja wg wykazu MNiSWz dnia 31 lipca 2019 r. czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych: 100 punktów (punktacja z przed 31.07.2019: lista A, 25 punktów).

Przy czym w dwóch pozycjach a), b) (w bibliografii 46 oraz 55) występuje identyczny doi (cyfrowym identyfikatorze dokumentu elektronicznego) i tytuł, natomiast jest różna liczba współautorów. Traktuję to jako błąd edycyjny.

Domyślam się, iż Autor nie wymienił w rozprawie wszystkich swoich publikacji związanych tematycznie z pracą doktorską.

Wśród cytowań literaturowych w tekście pracy występują pozycje bez odwołań. Zapewne Autor korzystał z ich treści ale na etapie edycji nastąpiło ich ominięcie.

Na początku pracy Autor podaje wykaz ważniejszych symboli i oznaczeń oraz skrótów i akronimów, w których występuje symbol Q o podwójnym znaczeniu (jako prędkość kątowa samolotu względem osi OY oraz jako siła ciężkości samolotu). Strona edycyjna tego wykazu wymaga większej staranności (niejednakowa czcionka oraz brak niektórych używanych skrótów: np. IMU, BSP).

We wstępie przedstawiono zagadnienia dotyczące rozwoju lotnictwa i systemów awioniki, a także motywacja podjęcia tematyki rozprawy doktorskiej.

Następnie we wprowadzeniu Autor zaprezentował cel i tezę oraz tematykę rozprawy, obecny stan badań związanych w pewien sposób z tematyką pracy.

2. Rozdział 1. "Wprowadzenie teoretyczne do pracy"

W rozdziale tym Autor przedstawił tezę i cele, a także motywacje problematyki stanu samolotu jakim jest korkociąg oraz opis historyczny badań tego zagadnienia. W ogólności rozdział napisany jest dość obszernie i zawiera treści dotyczące opisu zawartości poszczególnych rozdziałów pracy, które zwyczajowo znajdują się w opisie pracy (np. we wprowadzeniu). Strona edycyjna również wymaga większej staranności i zawiera błędy typu edycyjnego i stylistycznego.

Uwagi redakcyjne:

1. Str. 6. Opracowanie spisu treści niedopracowane. W rozdziale 4 w punktach 4.5.2, 4.5.3, 4.5.4, pojawiają się wielokrotnie te same tytuły podrozdziałów tj.: "Idea i cel ..." oraz "Koncepcja ogólna ...". Podobnie dla rozdziału 5 powtarzają się te same określenia dla kolejnych podpunktów tj. "Metodyka badań na stanowisku ...", "Badania algorytmu ..."

2. Str. 19. Niezrozumiałość. W drugim zdaniu Autor używa pojęcia fuzji nie objaśniając jaką fuzję rozważa. Na tejże stronie napisano także "Istotnym elementem tego rozdziału są podrozdziału pokazujące wyniki badań ..."
3. Str. 22. Błędne powołanie się na rys. 1.4. gdyż rysunek ten dotyczy rozwiązań manipulatorów. Odwołanie winno dotyczyć rys. 1.2.
4. Str. 23. Niepoprawny styl zdania i błąd edycyjny. Napisano "W dalszej kolejności ramiona te, zostały wyposażone w specjalne urządzenia pozwalające tensometrycznie ustalać stopień naprężeń w zależności od sił działających na samolot na nim zamocowany". Ta sama strona. Napisano " ... tunele wielkoobjętościowe pozwalające na badania niektórych samolotów w stali rzeczywistej. ". winno być użyte słowo skali zamiast stali.
5. Str. 24. Brak źródła pochodzenia rys. 1.6.
6. Str. 25. Niepoprawny styl zdań. Napisano "Jeżeli chodzi o początki badań prowadzonych przy użyciu samolotów w locie w oparciu o pozycje literaturowe [21] pierwsze oficjalne zapisy możemy znaleźć w raportach ..."

Uwaga merytoryczna odnośnie rozdziału 1. Konwencja nazewnictwa rysunków niepoprawna dla opracowań naukowych. Nazwy rysunków stanowią długie zdania opisowe, np. "Rys. 1.2. Rysunek prezentuje badanie w korkociągu samolotu w skali, wykonanej w tunelu ...", lub "Rys. 1.5. Rysunek pokazuje mechanizm" itd.

3. Rozdział 2. "Zależności związane z analizą ruchu przestrzennego samolotu"

Przedstawiono tam zagadnienia interpretacji nietypowych stanów lotu samolotu. Omówiono stateczność samolotu oraz zjawisko jego autorotacji jako początek pojawienia się korkociągu. Podano zależności matematyczne dla sił, prędkości, przyspieszeń oraz momentów występujących w czasie lotu samolotu. Dla poszczególnych przypadków opracowano ilustracje rozkładu poszczególnych parametrów. Jako pozytywny wkład Autora należy uznać poprawność i dużą staranność w opracowaniu rysunków.

Uwagi redakcyjne:

1. Str. 32. Niejasność pojęcia. Napisano "... mamy do czynienia z klasycznym układem T.". Nie podano objaśnień jak należy rozumieć ten układ.

4. Rozdział 3. "Zachowanie samolotu w korkociągu"

W rozdziale podano podstawowy opis pojęć i zależności matematycznych dotyczących sterowania samolotem ukierunkowanych na stan lotu zwany korkociągiem. Zagadnienie stateczności i sterowności samolotu opisano w podrozdziale 3.1. Natomiast opis pojawienia się zjawiska przeciągania samolotu dla krytycznych kątów natarcia z umownym podziałem na statyczne i dynamiczne zamieszczono w kolejnych podrozdziałach. W podrozdziale 3.5 Autor wiele uwagi poświęcił na precyzyjny opis korkociągu właściwego oraz na zależności matematyczne obowiązujące dla tego stanu lotu samolotu.

Uwagi redakcyjne:

1. Str. 38. Nie podano źródła pochodzenia rys.3.3.

2. Str. 42 i 43. Dla wzorów (3.1)-(3.3) nie podano źródeła lub wyprowadzeń. Brak wyjaśnień dla oznaczeń: ρ , v_0 , l_{srx} .
3. Str. 48. Niepoprawna nazwa podrozdziału 3.5.1. Jest napisane: "3.5.1. Stanu lotu pośrednio powiązane z korkociągiem"
4. Str. 51. Błędne odwołanie do Rys. 3.15. Winno być Rys. 3.16.
5. Str. 53. Błędne odwołanie do Rys. 3.16. Winno być Rys. 3.17.
6. Str. 54. Błąd edycyjny wzoru (3.17).
7. Str.55. Błąd w tekście. Napisano " $(\sin\phi * F_z)/(\sin\phi * F_z)=\text{tg}\phi= \dots$ ".
8. Str. 56. Błędne odwołanie do rysunku. Napisano " ... na lewym rys.3.18".winno być rys. 3.20.
9. Str.57. Błędny numer rysunku oraz błędna odmiana słowa poziom. Napisano "W oparciu o rysunek rys.3.wq można zauważyć ...", w kolejnym zdaniu jest błąd. Jest napisane "... wyznaczają linię poziomom" . Winno być ... poziomą.
10. Str. 58. Błąd edycyjny wzoru (3.27). Zamiast c_x winno być c_z .
11. Str. 59. Błąd edycyjny wzoru (3.32).

Pomimo niedociągnięć głównie edytorskich rozdział ogólnie zawiera poprawne treści.

5. Rozdział 4. "Sygnały wizyjne w manewrze wyprowadzenia z korkociągu "

W zasadniczej części rozprawy doktorskiej rozdział ten zawiera najistotniejszy wkład Autora, zwłaszcza podrozdział 4.5 o nazwie "Opracowany układ wspomagający sterowanie". Na początku tego rozdziału Autor w punkcie 4.1 dokonuje przeglądu literatury naukowej z zastosowaniem układów wizyjnych w różnych dziedzinach. Dalej wskazuje także współuczestnictwo w projekcie IDAAS dotyczące wspomagających algorytmów dla systemu antykolizyjnego jako sugestia uzupełnienia systemu TCAS (pokładowy system zapobiegający zderzeniom statków powietrznych). Następnie w p. 4.2 przedstawia problematykę rozpoznania korkociągu na podstawie obecnie używanych przez pilota mierników. Ponadto stwierdza, że dołączenie dodatkowych informacji z systemu wizyjnego otrzymane z zainstalowanej w samolocie kamery winno wspomóc sterownie pilota samolotu. Ta koncepcja zastosowania aktywnego maszynowego widzenia tak realizowana umożliwi wyprowadzenia go ze stanu korkociągu. Jest to przedstawione w p.4.3. Natomiast propozycje udziału i lokalizację tego wspomaganie w globalnym sterowaniu samolotem przedstawia rys. 4.21. w punkcie 4.4.1. W tekście tego podrozdziału brakuje jednak odniesienia się do tego schematu, choć uważam, że to istotne zwłaszcza, iż nazwa punktu dotyczy wyboru sposobu sterowania. W kolejnym podrozdziale tj. 4.4.2 również nie powołano się na rys. 4.23., pomimo tego, że został tam umieszczony. Pierwsze powołanie się na ten rysunek jest w podrozdziale 4.4.3., w którym Autor podaje argumenty konieczności stosowania układu wizyjnego do rozpoznania faz korkociągu. Podrozdział 4.5 zawiera opis wielu krótkich podrozdziałów (2 stronicowych) opisujących proponowany autorski algorytm. Wydaje się, iż lepszym rozwiązaniem byłoby ich połączenie w jeden. O mechanizmach adaptacyjnych filtracji jako elemencie systemu wizyjnego traktuje podrozdział 4.5.2.3. Podano tam transmitancję filtra adaptacyjnego rekursywnego (o nieskończonej odpowiedzi impulsowej -IIR) oraz równanie na sygnał wyjściowy. Są to ogólnie znane informacje niewiele wnoszące do dorobku Autora ale zastosowanie ich stanowi o dużej skuteczności globalnego rozwiązania. Kolejne wzory tj. (4.3) – (4.7) wymagają większej staranności w opracowaniu oraz dodatkowych wyjaśnień np. dlaczego zastosowano metodę RLS, a nie LMS, która minimalizuje chwilową wartość błędu kwadratowego. W kolejnych podrozdziałach Autor opisuje algorytm dotyczący

rozpoznania korkociągu właściwego na podstawie tzw. punktów charakterystycznych obrazu. Interesujące jest także rozwiązanie znalezienia linii horyzontu za pomocą transformaty Hough'a, co niezbędne jest w końcowym etapie wyjścia samolotu z korkociągu.

Wybrane fragmenty opracowań z tego rozdziału zostały wykorzystane w później opublikowanym artykule naukowym Autora rozprawy.

Uwagi edycyjne:

1. Str. 69. Błąd edycyjny. Napisano "... mogłoby alternatywnie pomów ...". Winno być pomóc.
2. Str. 71. Brak odwołania się do rys.4.15.
3. Str. 73. Brak odwołania się do rysunków w danym podrozdziale. Dotyczy rys.4.20 oraz 4.21.
4. Str. 79. Błąd edycyjny na rys.4.27. Jest "Kot". Winno być Lot.
5. Str. 85. i 86. Brak objaśnień indeksów dla symboli. Dotyczy wzorów (4.3), (4.5), (4.7).
6. Str. 102. Błąd edycyjny. Napisano. "zdefiniować następująco jako $[X+1]$ ". Winien być odpowiedni numer bibliografii.
7. Str. 114. Błąd edycyjny. Napisano "orzystając". Winno być Korzystając
8. Str. 115. Błąd edycyjny. Napisano "Na zostały na zielono zaznaczone ..."

6. Rozdział 5. "Badania laboratoryjne opracowanych układów"

Autor na początku tego rozdziału określa cel prowadzenia badań symulacyjnych potwierdzających skuteczność działania zaprojektowanych algorytmów. W kolejnych podrozdziałach opisuje strukturę sprzętowo-programową oraz elementy środowiska wirtualnego, a także analizę obiektów widzianych przez kamerę. W tej części pracy pojawia się dwukrotnie ten sam tekst obejmujący wzory od (5.5) do (5.8). Zagadnienie lokalizacji i orientacji kamery prezentowane jest w podrozdziale 5.2.5. W wyniku przeprowadzonych eksperymentów Autor stwierdza, iż metoda punktów charakterystycznych w porównaniu z przepływem optycznym jest lepsza ze względu na odporności na zakłócenia wywołane zmianami kontrastu. Ponadto testy pozwoliły określić mechaniczne ustawienie orientacji i lokalizacji sensora optycznego na kadłubie samolotu. Badania na stanowiskach rzeczywistych opisano w podrozdziale 5.3. Wykorzystano tutaj symulator lotu oraz układ projekcyjno-optyczny rozróżniając stanowisko laboratoryjne proste oraz złożone. W pierwszym przypadku sygnały z symulatora lotu były bezpośrednio obsługiwane przez komputer realizujący algorytmy zaproponowane przez Autora. W drugim dodatkowo użyto projektor oraz kamery. Zaprezentowane rezultaty funkcjonowania algorytmów wizyjnych wykazały się poprawnością i skutecznością. Testy obejmowały następujące algorytmy:

- adaptacyjny eliminujący zakłócenia wynikające ze zmiennego oświetlenia,
- wykrywania stanów i parametrów lotu w fazie korkociągu
- wyprowadzania samolotu ze stanu korkociągu.

Dla w/w przypadków zamieszczono wiele rysunków z przebiegami stosownych sygnałów.

Wybrany fragment rozprawy z tego rozdziału został wykorzystany w później opublikowanym artykule naukowym Autora.

Uwagi edycyjne:

1. Str. 117. Niepoprawny styl zdania oraz błąd edycyjny. Dotyczy 1-go oraz 3-go zdania.
2. Str. 119. Błąd edycyjny. Napisano "8Mb". Winno być 8MB.
3. Str. 123. Błąd edycyjny równania (5.5). brak oznaczeń symbolu z_{31} .
4. Str. 124. Błąd edycyjny. Powtórzony fragment z wzorami (5.5) (5.6) ze str. 123.
5. Str. 131. Błąd edycyjny wzoru (5.16). Pominięto indeks symbolu i_{sf} .
6. Str. 134. Błąd edycyjny. Powołanie się na rys. 8, którego brak.
7. Str. 137. Błąd edycyjny. Brak powołania się na rys. 5.29.
8. Str. 138. Błąd edycyjny wzoru (5.20). Zamiast u winno być v .
9. Str. 156. Błąd edycyjny. Błędne odwołanie się do rys. 5.5-5.6. Winno być 5.64-5.65.
10. Str. 157. Błąd edycyjny. Błędne odwołanie się do rys. 5.66a. Brak tego rysunku.
11. Str. 158. Błąd edycyjny. Powtórzenie numeru rysunku poprzedniej strony.
12. Str. 168. Błąd edycyjny. Napisano " punktów ...". Winno być punktów

7. Rozdział 6. "Badania na rzeczywistym obiekcie"

W tym rozdziale Autor prezentuje zarejestrowane dane podczas rzeczywistego lotu oraz porównuje je z rezultatami otrzymanymi na drodze analizy obrazowej. Aby dokonać rejestracji sygnałów rzeczywistych przeprowadzono stosowne przygotowania w postaci doboru kamery i jej montażu na szybowcu "Jantar". Zaprezentowane wyniki jednoznacznie wskazują na poprawność wykrycia stanów lotu przez układ wizyjny pomocniczy do sterowania i niezależnie pozwalają estymować przybliżone wartości prędkości kątowych. Nieznacznie mniejsza efektywność w stosunku do testów symulacyjnych może wynikać z bardzo niskiego nasycenia punktów charakterystycznych. Globalnie algorytm działał poprawnie, co oznacza, że może być narzędziem pomocnym do sterowania samolotem.

Uwaga redakcyjna

1. Str. 181. Błąd edycyjny. Napisano "... FullHD ..." oraz "... ponad to ...". Winno być Full HD oraz ponadto.

8. Rozdział 7. "Podsumowanie"

Autor w tym rozdziale omawia wnioski z przeprowadzonych badań. Słusznie wskazuje na użyteczność optycznych metod pomiarowych wspomagających eksploatację samolotu, a których zakres zastosowań można rozszerzyć na inne gałęzie transportu. Prowadzone tutaj rozważania dotyczą ewentualnych modyfikacji dalszych badań zaproponowanego w rozprawie doktorskiej podejścia, aby udoskonalić pod wieloma względami otrzymane pozytywne wyniki.

9. Podsumowanie uwag i całości rozprawy

Tematyka rozprawy jest aktualna i interesująca z praktycznego i teoretycznego punktu widzenia. Uważam za właściwe podejście wykorzystania sygnałów optycznych wspomagających sterowanie samolotem zwłaszcza znajdującego się w korkociągu. Autor przedstawił nowatorskie rozwiązania na zaprojektowanych i zbudowanych stanowiskach badawczych naziemnych oraz próbach w locie rzeczywistym. Takie postawienie zagadnienia zaliczam do oryginalnych osiągnięć Doktoranta. W związku

z tym praca doktorska stanowi autorskie rozwiązanie problemu naukowego i świadczy o umiejętności prowadzenia prac naukowych z wykorzystaniem technik komputerowych i teorii sterowania. Jako zasadnicze osiągnięcia rozprawy uważam :

- zaproponowanie wykorzystania sygnałów wizyjnych wspomagających sterowanie samolotu
- opracowanie algorytmów wizyjnych dla
 - filtru adaptacyjnego,
 - działającego w stanie w fazie korkociągu właściwego,
 - wyprowadzającego samolot ze stanu korkociągu,
- opracowanie stanowisk laboratoryjnych,
- przeprowadzenie właściwych badań.

Poprawność uzyskanych wyników w przeprowadzonych badaniach jednoznacznie wskazuje, że cel pracy został osiągnięty i teza obroniona.

10. Ocena końcowa

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Piotra Szczerby pt. " Wykorzystanie sygnałów wizyjnych do sterowania samolotem podczas wyprowadzenia z korkociągu" spełnia wymagania stawiane przez ustawodawcę kandydatom doktorskich. W szczególności rozprawa ta stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego polegającego na wykorzystaniu sygnałów wizyjnych do sterowania samolotem znajdującym się w korkociągu. Sądzę, że Autor posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Zatem wnioskuję o dopuszczenie mgr inż. Piotra Szczerby do publicznej obrony Jego rozprawy doktorskiej.

dr. hab. inż. Tadeusz Kwater, prof. ucz.

