

dr hab. inż. Norbert GRZESIK, prof. WAT  
Wojskowa Akademia Techniczna  
00-908 Warszawa  
ul. Kaliskiego 2.

Warszawa 02.06.2023r.

## RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Tytuł rozprawy: **BADANIA SYMULACYJNE SATELITARNEGO SYSTEMU TELEKOMUNIKACYJNEGO W ASPEKCIE DOSTĘPNOŚCI I OSIĄGALNOŚCI USŁUG**

Autor rozprawy: płk mgr inż. Paweł CHODOSIEWICZ

Promotor rozprawy: dr hab. inż. Sławomir MICHALAK, prof. ITWL

Promotor pomocniczy: dr inż. Tadeusz MIKUTEL

### 1. PODSTAWA WYKONANIA RECENZJI

Recenzję opracowano na podstawie pisma Zastępcy Przewodniczącego Rady Naukowej Instytutu Technicznego Wojsk Lotniczych dr. hab. inż. Mariusza ZIEL, Prof. ITWL nr 9/SN/R/23 z dnia 12.05.2023 r. oraz przedłożonej rozprawy doktorskiej. Rozprawa napisana jest na 183 stronach, zawiera streszczenie, dziewięć rozdziałów (w tym wprowadzenie oraz podsumowanie), cztery załączniki, wykaz 106 pozycji literatury krajowej i zagranicznej. Pracę wzbogacono o wykaz ważniejszych skrótów i oznaczeń.

### 2. GENEZA PRACY, TEZA NAUKOWA, CEL, ZAKRES MERYTORYCZNY

Główną przyczyną podjęcia działań, po przeprowadzonych analizach związanych z opracowaniem zaproponowanych w rozprawie rozwiązań, był obecny brak narzędzia mogącego wspomóc dobór usługi satelitarnej do potrzeb wynikających z codziennej eksploatacji terminali umieszczonych na statkach powietrznych. Nie zostały również zaimplementowane w Siłach Zbrojnych RP procesy optymalizacji doboru tychże usług w aspekcie ich dostępności oraz osiągalności co może wpłynąć na efektywne wykorzystanie

nowo zakupionego sprzętu wojskowego takiego jak samoloty F-35 i bezzałogowe statki powietrzne Bayraktar TB2.

Doktorant sformułował następujący problem badawczy w formie pytania:

***Jak zapewnić maksymalną liczbę telekomunikacyjnych usług satelitarnych przy minimalizacji ich kosztów oraz liczby urzędzeń, na których są świadczone?***

Celem głównym pracy jest:

**opracowanie metodologii i narzędzia wspomagającego dobór usług dla statków powietrznych, przy zachowaniu optymalnych kosztów oraz wymagań odnośnie ciągłości ich dostarczania, tj. dostępności i osiągalności.**

Do osiągnięcia celu głównego określił cele cząstkowe takie jak:

- ⇒ identyfikacja zapotrzebowania lotnictwa Sił Zbrojnych RP na satelitarne usługi telekomunikacyjne,
- ⇒ opracowanie matematycznego modelu systemu satelitarnego w aspekcie świadczenia usług telekomunikacyjnych,
- ⇒ opracowanie algorytmów planowania usług telekomunikacyjnych,
- ⇒ zdefiniowanie kryteriów optymalizacji procesu zapewnienia usług telekomunikacyjnych,
- ⇒ opracowanie narzędzia wspomagającego planowanie usług telekomunikacyjnych.

Pierwszy etap, teoretyczny, umożliwiający realizację proponowanego w pracy rozwiązania Doktorant rozpoczął od przeglądu krajowej i zagranicznej literatury związanej z tematyką łączności satelitarnej. Kolejnym krokiem było przedstawienie i omówienie istniejących oraz planowanych do wdrożenia satelitarnych usług teleinformatycznych, jak również przedstawienie klasyfikacji satelitarnych usług teleinformatycznych, wykorzystywanych na potrzeby utrzymania pełnej gotowości statków powietrznych. Omówił i zdefiniował pojęcia związane z problematyką użytkowania usług teleinformatycznych, obszary wykorzystania satelitarnych usług teleinformatycznych dla statków powietrznych oraz elementy systemu satelitarnego wykorzystywane na statkach powietrznych, które następnie zostały odwzorowane w modelu systemu.

Drugim etapem, praktycznym, było opracowanie modelu matematycznego satelitarnego systemu telekomunikacyjnego oraz przeprowadzenie badań na danych rzeczywistych pochodzących z narzędzi służących monitoringowi sieci teleinformatycznej.

Sprawdzenie prawidłowego działania przedstawionych algorytmów uzyskano poprzez przeprowadzenie badania opracowanego modelu matematycznego.

W moim przekonaniu, tytuł rozprawy, problem badawczy i cele, zostały sformułowane w sposób przejrzysty i jasny, w oparciu o szeroki zakres zgromadzonej i przeanalizowanej literatury, której zakres tematyczny należy uznać za właściwy do realizacji niniejszej rozprawy.

### **3. MERYTORYCZNA CZĘŚĆ ROZPRAWY I UZYSKANE WYNIKI**

Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, bibliografii i czterech załączników. Wzbogacona została o wykaz skrótów i oznaczeń.

W pierwszym rozdziale Autor zawarł wprowadzenie do tematyki dysertacji oraz opis podstawowych pojęć dotyczących badanego obszaru, syntetyczny opis stanu zagadnienia, a także klasyfikację oraz wykorzystanie telekomunikacji satelitarnej we współczesnym świecie.

W drugim rozdziale sformułowano problem badawczy.

Trzeci rozdział to identyfikacja obszaru badawczego oraz opis programu GOVSATCOM jednoczącego członków UE w obszarze telekomunikacji satelitarnej. Dodatkowo przedstawiono proces pozyskiwania satelitarnej usługi telekomunikacyjnej na potrzeby wojskowych statków powietrznych wraz z omówieniem cyklu życia.

Czwarty rozdział to opis właściwości satelitarnego systemu telekomunikacyjnego.

W rozdziale piątym scharakteryzowano satelitarny system telekomunikacyjny, a także zdefiniowano jego model matematyczny wraz z algorytmami optymalizacji doboru usług pod względem ich dostępności i osiągalności na statkach powietrznych.

Rozdział szósty zawiera opis algorytmu przekształceń oraz implementacji modelu zawartego w rozdziale piątym. Zidentyfikowano tu cały system wraz z jego poszczególnymi podsystemami oraz algorytmy optymalizacji.

Wyniki badań stanu terminali satelitarnych użytkowanych na statkach powietrznych Sił Zbrojnych RP przedstawiono w rozdziale siódmym. Badania te zostały przeprowadzone z wykorzystaniem rzeczywistych danych zebranych w 2021 roku. Zaproponowano identyfikację, klasyfikację i interpretację stanów eksploatacyjnych dla całej populacji

terminali objętej analizą. Obliczenia stochastyczne zostały oparte na modelach semi-Markowa oraz Markowa. Rozkłady prawdopodobieństw zostały przedstawione za pomocą odpowiednich wykresów.

W rozdziale ósmym przedstawiono opracowane modele matematyczne wraz z algorytmami optymalizacji, które zostały wykorzystane w rozwiązaniu aplikacyjnym przeznaczonym do wspomaganie procesu doboru usług telekomunikacyjnych dla statków powietrznych.

Rozprawę kończy rozdział dziewiąty, czyli podsumowanie zawierające wnioski z przeprowadzonych badań, które świadczą o dużej wiedzy i wieloletnim doświadczeniu Doktoranta w podjętej tematyce. Omówione tu zostały wyniki badań istotne dla osiągniętych celów badawczych, jak również dalsza perspektywa wykorzystania zaproponowanego rozwiązania.

Zamieszczone załączniki to: dane wykorzystane w badaniu, kod źródłowy rozwiązań użytych w dysertacji, opis rozwiązania aplikacyjnego oraz rekomendacje. Stanowią dopełnienie i uszczegółowienie przeprowadzonych rozważań, a także potwierdzają możliwość praktycznego zastosowania przedstawionych rozwiązań.

Najważniejszym osiągnięciem Doktoranta jest, w mojej ocenie, opracowanie autorskiej aplikacji *Wyliczenia optymalnych satelitarnych usług teleinformatycznych (Wosut)*, stanowiącej implementację metody optymalizacji doboru satelitarnych usług telekomunikacyjnych dla statków powietrznych.

Potwierdzeniem powyższego są pozytywne oceny i rekomendacje (wspomniane już powyżej w opisie załączników do pracy) Polskiej Agencji Kosmicznej, firmy Red Hat oraz Sieci Badawczej Łukasiewicz – Instytutu Lotnictwa opracowanej w dysertacji aplikacji.

Zatem stwierdzam, że rozwiązanie postawionego zadania zostało przeprowadzone prawidłowo, a przyjęte założenia i metody nie budzą zastrzeżeń.

#### **4. UWAGI KRYTYCZNE**

Sposób realizacji pracy nie budzi większych zastrzeżeń, jednak nie sposób nie wspomnieć tu o kilku uwagach krytycznych, do których możemy zaliczyć:

- drobne błędy edytorskie, np.: str. 15, 18, 38, 58, 76;
- brak tłumaczeń nazw angielskojęzycznych na rysunkach, np.: 1.8, 1.9, 1.12, 1.15, 1.16, 1.20, 1.21;

- brak połączenia bloków w schemacie 6.1;
- używanie kolokwializmów, np.: „top10”, str. 109;
- niezgodność opisu rysunku z opisem w tekście: rys. 7.15 (terminal Y i Z), rys. 7.21 (terminal Y i X);
- błędy ortograficzne, str. 139 (bibliografia);
- brak cytowania literatury w tekście pracy (pozycja 106).

Stwierdzone błędy nie mają jednak wpływu na jakość pracy oraz jej stronę merytoryczną i nie umniejszają pozytywnego odbioru pracy.

Dodatkowo proszę o odpowiedź na poniższe pytania (na jedno wybrane z nich proszę odpowiedzieć na obronie):

1. Czy analizowano możliwość wykorzystania narzędzi bazujących na sztucznej inteligencji w realizacji celu głównego lub celów cząstkowych w aspekcie planowania lub optymalizacji?
2. Jakie usługi są wykorzystywane w lotnictwie wojskowym?
3. W jaki sposób może być wykorzystana w praktyce Pańska aplikacja i jaki jest zakres optymalizacji?
4. Jak można wykorzystać algorytmy i aplikację przy prowadzeniu nowych statków powietrznych dla wojska i usług?

## **5. OCENA ROZPRAWY I WNIOSEK KOŃCOWY**

W pracy w sposób wyczerpujący opisano problematykę związaną z użytkowaniem satelitarnych usług telekomunikacyjnych na statkach powietrznych pod względem ich dostępności i osiągalności. Autor w pełni osiągnął zamierzony cel naukowy i użyteczny.

Za główne osiągnięcia w pracy uważam:

- przeprowadzenie szerokiej i dogłębnej analizy istniejących systemów telekomunikacyjnych;
- przeprowadzenie badań statystycznych z wykorzystaniem danych rzeczywistych;
- opracowanie matematycznego modelu systemu satelitarnego w aspekcie świadczenia usług telekomunikacyjnych i algorytmów planowania usług telekomunikacyjnych, pozwalających na optymalizację procesu doboru usług satelitarnych;

- opracowanie autorskiej aplikacji wspomagającą proces wyboru satelitarnych usług telekomunikacyjnych dla statków powietrznych (**Wosut**).

Podsumowując stwierdzam, że:

- Rozprawa stanowi samodzielne opracowanie problemu naukowego dotyczącego użytkowania (wyboru) satelitarnych usług telekomunikacyjnych na statkach powietrznych pod względem ich dostępności i osiągalności.
- Doktorant przedstawił problem badawczy i cele rozprawy; zgodnie z zasadami naukowymi przeprowadził badania problemu i sformułował wnioski.
- Układ, zakres i treść merytoryczna rozprawy świadczą o tym, że Doktorant opanował metodologię badań oraz umiejętność interpretowania wyników i formułowania wniosków.
- Doktorant jest przygotowany do samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych.

Uzyskane w pracy wyniki stanowią ważny krok w badaniach nad problematyką utrzymania ciągłości usług satelitarnych.

Autor wykazał się znajomością i opanowaniem wiedzy w dyscyplinie objętej pracą doktorską oraz wniósł samodzielny wkład w jej rozwój.

Opiniowaną rozprawę doktorską płk. mgr. inż. Pawła CHODOSIEWICZA pt.: „BADANIA SYMULACYJNE SATELITARNEGO SYSTEMU TELEKOMUNIKACYJNEGO W ASPEKCIE DOSTĘPNOŚCI I OSIĄGALNOŚCI USŁUG” oceniam pozytywnie tak pod względem metodologicznym, jak i merytorycznym. Uważam, że spełnia ona w pełni wymagania stawiane rozprawom doktorskim w rozumieniu art. 13 Ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o tytule naukowym i stopniach naukowych (Dz.U. Nr 65, poz. 595 z późn. zm.) i mieści się w dziedzinie inżynieria mechaniczna.

W związku z tym wnioskuję o jej przyjęcie i dopuszczenie do publicznej obrony.

  
Norbert Jurek