

Gdynia, dn. 24.10.2024

dr hab. inż. Andrzej ŻAK, prof. AMW
Wydział Mechaniczno-Elektryczny
Akademia Marynarki Wojennej w Gdyni

Recenzja

rozprawy doktorskiej por. mgr inż. Joanny SZKUTNIK-ROGOŹ

p.t. „Komputerowe wspomaganie modelowania i optymalizacji strategii postępowania w wybranych problemach, w tym niezawodnościowych, w systemach transportowych”

Promotor: dr hab. inż. Tadeusz NOWICKI, prof. WAT

Recenzja wykonana na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Informatyka Techniczna i Telekomunikacja Wojskowej Akademii Technicznej z dnia 10.07.2024 roku.

Ocena problematyki pracy

Postęp techniczny doprowadził do znaczącego rozwoju różnego rodzaju systemów informatycznych, które obecnie mają zastosowanie niemal w każdym aspekcie ludzkiej działalności. Szczególną rolę takich systemów upatruje się w zadaniach związanych ze wspomaganiami człowieka w podejmowaniu decyzji, co jest podyktowane przede wszystkim możliwością przetwarzania ogromnych ilości danych w stosunkowo krótkim czasie. System transportowy do efektywnej realizacji zadań wymaga właściwego zarządzania całym procesem. Transportowe problemy decyzyjne, ze względu na swoją złożoność wymagają jednoczesnego uwzględniania wielu czynników w tym: ekonomicznych, technicznych, środowiskowych a czasami również społecznych czy prawnych. W takich przypadkach do właściwej organizacji procesów niezbędne jest wykorzystanie systemów wspomaganie decyzji. Ich zadanie polega na wsparciu człowieka w procesie podejmowania decyzji poprzez ułatwienie i polepszenie fachowej oceny problemów będących przedmiotem decyzji, co ma przełożyć się na poprawienie efektywności decydowania dzięki wsparciu informacyjnemu i obliczeniowemu. Wraz z rozwojem infrastruktury drogowej system transportowy ulega zmianom w tym poprawia się dostępność transportowa, także poprzez wzrost liczby przewoźników drogowych. Dynamiczny rozwój transportu upowszechnia potrzebę wdrażanie oprogramowania do zarządzania, które ma na celu optymalizację zadań. Takie oprogramowanie komputerowe ma na celu wspomagać planowanie, monitoring, rozliczanie oraz analizy transportu w dowolnie złożonych strukturach dystrybucyjnych w celu chociażby minimalizacji kosztów. Niniejsza praca doktorska znakomicie wpisuje się w ten obszar badań i wypełnia istniejącą lukę w zakresie praktycznych rozwiązań problemu.

W ocenianej pracy, Autorka trafnie i jasno sformułowała tezę pracy, że „istnieje możliwość opracowania metodyki i środowisk obliczeniowych komputerowego wspomaganie postępowania zapewniających optymalizację elementów procesu decyzyjnego w systemach trans-

portowych”. Weryfikacja tak postawionej tezy odbywała się poprzez realizację celu pracy którym było: „opracowanie metody modelowania i optymalizacji strategii postępowania wspierających procesy decyzyjne w obszarze transportu z uwzględnieniem niezawodności obiektów”. Osiągnięcie założonego celu oraz weryfikacja postawionej tezy odbywają się poprzez realizację szeregu wskazanych przez Doktorantkę zadań badawczych.

Z punktu widzenia walorów poznawczych i praktycznych należy uznać, że tematyka recenzowanej pracy doktorskiej jest ważna i aktualna. Według mojej oceny mieści się ona w dziedzinie nauk inżyniersko-technicznych w dyscyplinie informatyka techniczna i telekomunikacja, w szczególności spełnia oczekiwania jakie stawia się tematom prac doktorskich w tej dyscyplinie.

Analiza rozprawy doktorskiej

Oceniana rozprawa doktorska przygotowana przez mgr inż. Joannę SZKUTNIK-ROGOŹ dotyczy modeli i metod z zakresu optymalizacji strategii postępowania wspierających procesy decyzyjne w obszarze transportu z uwzględnieniem niezawodności obiektów.

Praca zawiera pięć rozdziałów, streszczenie, wykaz publikacji będących podstawą rozprawy doktorskiej, oświadczenie o procentowym udziale współautorów w publikacjach będących podstawą rozprawy doktorskiej, wprowadzenia oraz bibliografii. Rozprawa przedstawiona została na 144 stronach. Do rozprawy dołączono 6 artykułów (łącznie 99 stron), stanowiących cykl publikacyjny, opublikowanych w czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym, posiadających tak zwany współczynnik Impact Factor, znajdujących się na wykazie czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji Ministra Nauki z dnia 05 stycznia 2024. Wykaz cytowanej literatury liczy 131 pozycji. Struktura ocenianej rozprawy jest poprawna, rozdziały są spójne tematycznie, co zapewnia bardzo dobrą czytelność.

„**Wprowadzenie**” zawarte na 6 stronach, stanowi wstęp w tematykę zastosowania metod komputerowego wspomaganie procesu decyzyjnego w systemach transportowych. Autorka wskazała motywację podjęcia tematu, a także dokonuje przeglądu swojej pracy badawczo-naukowej odzwierciedlonej w cyklu publikacji. Stosunkowo szczegółowo omawia proces prowadzonych badań dzieląc go na siedem etapów, wskazując opracowane autorskie rozwiązania.

Rozdział 1 „Przegląd literatury” zawarty na 11 stronach, stanowi wynik analizy obecnego stanu wiedzy dokonanej na podstawie przeglądu dostępnej literatury dotyczącej poruszanych w pracy zagadnień tj. modelowania i optymalizacji strategii postępowania wspierających komputerowo procesy decyzyjne w obszarze transportu z uwzględnieniem niezawodności obiektów. Przegląd swoim zakresem obejmuje niemal sto publikacji. Autorka zwraca uwagę na szczególne rozwiązania, metody i narzędzia, które są bezpośrednio lub pośrednio powiązane z tematem rozprawy.

Rozdział 2 „Cel, teza i zakres pracy” zawarty na 2 stronach, zawiera określenie celu pracy oraz tezę, która wskazuje na zidentyfikowania problemu naukowego oraz przedstawia nowatorskie jego rozwiązanie. Doktorantka wskazuje czternaście zadań badawczych których realizacja pozwoli na weryfikację postawionej tezy. Dodatkowo w rozdziale tym zostały wskazane zadania objęte zakres dysertacji, które umożliwią osiągnięcie postawionego celu.

Rozdział 3 „Opis stosowanych metod i narzędzi badawczych” zawarty na 25 stronach omawia metody i narzędzia wykorzystane do osiągnięcia założonego celu pracy. Treści podzielono na trzy zagadnienia. Pierwsze dotyczy programowania liniowego i w ramach jego omówienia poruszono tematy związane z modelowaniem zagadnienia transportowego metodami: kąta północno-zachodniego, minimalnego elementu w wierszu, minimalnego elementu w macierzy, VAM (Vogel's Approximation Method), KSAM (Karagul-Sahin Approximation Method), MDED (Maximum Difference Extreme Difference Method) oraz Blocha-Schmigalli. Druga część dotyczy problematyki badania niezawodności obiektów technicznych, a w szczególności poruszane są zagadnienia modelowania matematycznego obiektów technicznych nieodnawialnych i odnawialnych, metod rezerwowania w systemach oraz metod całkowania numerycznego. Ostatnia część skupia się na modelowaniu decyzji inwestycyjnych w aspekcie: decyzji przedsiębiorców podejmowanych w oparciu o ocenę efektywności (różne rodzaje stóp zwrotu) oraz ryzyka, wnioskowania statystycznego oraz dominacji stochastycznych.

Rozdział 4 „Modelowanie i optymalizacja strategii postępowania w systemach transportowych” przedstawiony na 75 stronach prezentuje główne dokonania Doktorantki. Na początku zaprezentowano metodę wyznaczania strategii postępowania zapewniającą maksymalizację zysku przed przedsiębiorców prowadzących działalność transportową, która wykorzystywała dominację stochastyczną. W dalszej części bazując na programowaniu liniowym oraz optymalizacji wielokryterialnej przedstawiono metodę umożliwiającą określenie strategii postępowania prowadzącą do rozwiązania problemu transportowego dla indywidualnie zdefiniowanych kryteriów. Kolejne opisy dotyczą rozwiązania zaimplementowanego w środowiskach obliczeniowych, które pozwala na ustalanie strategii postępowania umożliwiającej optymalizację kosztów transportu w ramach sieci dostaw. W dalszej części zaprezentowano zastosowanie metody Blocha-Schmigalli do wyznaczania strategii postępowania pozwalającej na optymalizację organizacji procesu napraw sprzętu wojskowego. W kolejnym podrozdziale przedstawiono metodę umożliwiającą określenie strategii postępowania w celu wyznaczenia oczekiwanego czasu zdatności pojazdów z zastosowaniem metod całkowania numerycznego. W dalszej części opisano, wykorzystującą transformatę Laplace'a oraz metody wnioskowania statystycznego, metodę określania strategii postępowania prowadzącej do wyznaczenia współczynnika gotowości technicznej pojazdów. Kolejne prezentowane rozwiązanie to metoda postępowania umożliwiająca maksymalizację zysku z redundancji przy jednoczesnym uwzględnieniu ograniczeń finansowych. Prezentowane metody i algorytmy zilustrowano przykładami obliczeniowymi, które weryfikowały poprawność przyjętych rozwiązań. W przykładach posłużono się między innymi danymi liczbowymi dotyczącymi zysku netto z tytułu prowadzonej działalności transportowej trzech przewoźników: DHL, DPD oraz GLS, danych liczbowymi zaczerpniętymi z Rozkazu Szefa Inspektoratu Wsparcia Sił Zbrojnych, a także rzeczywistymi danymi liczbowymi dotyczącymi eksploatacji pojazdów STAR 266. Na zakończenie tego rozdziału zintegrowano prezentowane wcześniej metody i algorytmy tworząc uniwersalną metodykę komputerowo wspomaganego postępowania zapewniającą optymalizację procesu decyzyjnego w systemach transportowych. Została ona zaprezentowana w postaci sposobu postępowania rozłożonego na 70 kroków.

Rozdział 5 „Podsumowanie oraz kierunki dalszych badań” w rozdziale tym Doktorantka odniosła się do celu rozprawy doktorskiej oraz przedstawił wnioski wynikające z realizacji pracy. Sformułowane wnioski są spójne i odnoszą się wprost do skonstruowanych modeli matematycznych, modelu oceny decyzji inwestycyjnych, decyzyjnego modelu sterowania

procesem zaopatrzenia, modelu procesu eksploatacji, modelu oceny gotowości systemu transportowego, opracowanych metodyk postępowania oraz narzędzi informatycznych. Na zakończenie zostały wskazane dalsze kierunki badań związanych z poruszonym w rozprawie problemem, które powinny poszerzyć zakres zastosowań opracowanej metodyki oraz usprawnić możliwości jej wykorzystania.

Uwagi szczegółowe

Rozprawa doktorska została przygotowana z bardzo dużą starannością. Autorka ustrzegła się błędów językowych oraz edycyjnych. Prezentowane rysunki są czytelne i bardzo dobrej jakości. Przyjęty sposób formatowania tekstu sprawia, że pracę czyta się z dużą łatwością. Drobny mankament, nie mający żadnego wpływu na ogólną wysoką ocenę końcową, to stosowanie zrzutów ekranu z wykorzystanego środowiska obliczeniowego Octave, czy arkusza kalkulacyjnego Excel do zobrazowania przeprowadzonych badań. Interpretacja tych rysunków wymaga zrozumienia założeń odnośnie przyjętego przez Autorkę interfejsu użytkownika.

Ocena merytoryczna rozprawy

Autorka rozprawy podjęła próbę opracowania metod modelowania i optymalizacji strategii postępowania wspierających procesy decyzyjne w obszarze transportu z uwzględnieniem niezawodności obiektów. Realizując zadania badawcze Doktorantka określiła obecny stan wiedzy a następnie zauważyła, że istnieje luka w zakresie opracowania uniwersalnej i kompleksowej metody modelowania i optymalizacji strategii postępowania wspierających procesy decyzyjne w obszarze transportu z uwzględnieniem niezawodności obiektów. W związku z tym opracowała modele matematyczne oceny decyzji inwestycyjnych, sterowania procesem zaopatrzenia, procesu eksploatacji, oceny gotowości systemu transportowego, które zintegrowała w uniwersalną metodykę postępowania zapewniającą optymalizację procesu decyzyjnego w systemach transportowych. Skonstruowane modele matematyczne oraz zaproponowane narzędzia wspomagające procesy decyzyjne zostały zweryfikowane poprzez rozwiązanie ciągu problemów, których sekwencja jest chronologiczna i typowa dla systemu transportowego. W związku z tym należy uznać, że Autor rozwiązał postawiony problem używając właściwych metod, co świadczy, że posiada wiedzę, umiejętności i kompetencje społeczne niezbędne do prowadzenia badań naukowych. Na szczególne podkreślenie zasługuje bardzo dobra znajomość literatury przedmiotu, obejmującą najnowsze osiągnięcia nauki oraz bardzo dobre przygotowanie Doktorantki, związane z umiejętnościami syntezy wiedzy oraz umiejętnościami programistycznymi umożliwiającymi przygotowanie odpowiednich narzędzi informatycznych.

Wymiernym efektem uzyskanym w pracy jest przede wszystkim propozycja środowiska komputerowego wspomagania decyzji, którego celem jest wsparcie w podejmowaniu optymalnych, ze względu na przyjęte kryteria oceny, działań, a które może być z łatwością zaimplementowane i wykorzystane przez użytkowników, od których wymaga się jedynie wprowadzenia danych liczbowych, bez konieczności znajomości technik programistycznych czy formuł wynikających z rozważań teoretycznych. Do oryginalnych osiągnięć Autorki należy zaliczyć:

- opracowania modelu wykorzystującego dominację stochastyczne do oceny decyzji inwestycyjnych umożliwiającego wyłonienie inwestycji maksymalizującej zysk i minimalizującej ryzyko;
- opracowanie decyzyjnego modelu sterowania procesem zaopatrzenia w oparciu o programowanie liniowe oraz optymalizację wielokryterialną, co umożliwia wyznaczenie planu przewozu optymalnego ze względu na koszt, zużycie paliwa i emisję CO₂;
- opracowanie modelu procesu eksploatacji z wykorzystaniem metody Blocha-Schmigalli, umożliwiającego optymalizację procesu napraw obiektów technicznych w tym optymalnego rozlokowania stanowisk naprawczych;
- opracowanie, z wykorzystaniem metod całkowania numerycznego, modelu procesu eksploatacji umożliwiającego wyznaczenie oczekiwanego czasu zdadności pojazdów w zależności od przyjętej funkcji niezawodności;
- opracowanie, z wykorzystaniem transformaty Laplace'a oraz metod wnioskowania statystycznego, modelu procesu eksploatacji umożliwiającego wyznaczenie wartości współczynnika gotowości technicznej pojazdów;
- opracowanie modelu oceny gotowości systemu transportowego umożliwiającego maksymalizację zysku z redundancji przy jednoczesnym uwzględnieniu ograniczeń finansowych, a także przeprowadzenie symulacji zysku z redundancji w zależności od kosztów utrzymania obiektów stanowiących rezerwę;
- opracowanie, poprzez syntezę skonstruowanych modeli matematycznych, uniwersalnej metodyki postępowania zapewniającej optymalizację procesu decyzyjnego w systemach transportowych.

Dla potrzeb badań i walidacji rozwiązań, wskazane powyżej modele zostały zaimplementowane w środowiskach programistycznych, tworząc w ten sposób zestaw narzędzi programowych.

Wyniki prac przeprowadzonych w ramach przewodu doktorskiego zostały upowszechnione w 6 publikacjach naukowych wydanych w latach 2019-2023, które przedstawiają logiczny ciąg rozumowania i postępowania przy opracowywaniu kompleksowego rozwiązania komputerowego wspomaganie organizacji systemów transportowych. W pierwszej publikacji współautorskiej (udział Doktorantki 80%) przedstawiono zastosowanie dominacji stochastycznej do wyboru firmy transportowej. Analizie poddano trzy firmy kurierskie. Zaprezentowano matematyczne podstawy różnych rodzajów dominacji stochastycznej, a także przeanalizowano i porównano najbardziej efektywne decyzje inwestycyjne. Ponadto opisano teoretyczne podstawy budowy wielokryterialnego modelu zadania decyzyjnego. Na podstawie danych liczbowych przedstawiono możliwości zastosowania oprogramowania komputerowego w celu określenia dominacji stochastycznej występującej pomiędzy porównywanymi przewoźnikami. W drugiej publikacji współautorskiej (udział Doktorantki 70%, liczba punktów MEIN: 100, IF (2023): 2.5) zdefiniowano niezawodność w odniesieniu do technicznych środków transportu oraz zaprezentowano autorskie rozwiązanie prowadzące do wyznaczenia oczekiwanego czasu sprawności dostępnej floty pojazdów na przykładzie wybranej jednostki wojskowej. Przeprowadzone badania pozwoliły na wyznaczenie podstawowych wskaźników niezawodności, a zaprezentowany model został poparty przykładami numerycznymi wraz z interpretacją uzyskanych wyników. Kolejna publikacja również współautorska (udział Doktorantki 78%, liczba punktów MEIN: 100, IF (2023): 1.6) dotyczyła zastosowania metody Blocha-Schmigalli do rozmieszczenia stacji naprawczych i stworzenia modelu naprawy sprzętu wojskowego w warunkach polowych. Na podstawie danych liczbowych przedstawiono zalety zastosowania metody Blocha-Schmigalli do optymalnej lokalizacji stanowisk naprawczych, w

tym wykazano, że pozwala zmniejszyć czynności transportowe oraz oszczędzić czas. W kolejnej publikacji (udział Doktorantki 83%, liczba punktów MEIN: 140, IF (2023): 3.0) zaproponowano nowatorskie podejście do rozwiązania problemu transportowego i przedstawiono narzędzia programistyczne pozwalające zminimalizować koszty transportu, zużycie paliwa i emisję CO₂. W artykule przedstawiono numeryczny przykład rozwiązania problemu transportowego z wykorzystaniem: kąta północno-zachodniego, minimalnego elementu w macierzy, minimalnego elementu w wierszu oraz metody aproksymacji Vogela (VAM). Przedstawiony model został poparty przykładem numerycznym wraz z interpretacją i wizualizacją uzyskanych wyników. Implementacja proponowanego rozwiązania umożliwiła opracowanie optymalnego planu transportowego dla indywidualnie zdefiniowanych kryteriów. Piąta publikacja (udział Doktorantki 88%, liczba punktów MEIN: 140, IF (2023): 6.7) prezentowała opracowane nowatorskie rozwiązanie wykorzystujące transformatę Laplace'a oraz język programowania R w postaci algorytmu przeznaczonego do wyznaczania miary niezawodności - współczynnika gotowości technicznej. Ponadto przeprowadzono analizę wrażliwości modelu. Prezentowane wyniki wskazują, że proces eksploatacji badanej floty pojazdów został prawidłowo zorganizowany, a zaproponowany algorytm eliminuje konieczność wykonywania złożonych obliczeń tradycyjnymi metodami. Przedstawiony algorytm jest uniwersalny i może być wykorzystany do wyznaczania zarówno funkcjonalnych, jak i numerycznych charakterystyk niezawodnościowych dowolnego obiektu technicznego. Ostatnia publikacja (udział Doktorantki 85%, liczba punktów MEIN: 100, IF (2023): 1.2) prezentuje opracowane w postaci algorytmów i zaimplementowane narzędzie programistyczne pozwalające na optymalizację kosztów transportu w ramach założonej sieci dostaw. Model obejmował określenie zmiennych decyzyjnych i wskazanie warunków ograniczających. Implementacja zaproponowanego rozwiązania umożliwiła wyznaczenie optymalnego planu transportowego dla indywidualnie zdefiniowanych kryteriów.

Na szczególne podkreślenie zasługuje fakt, iż uzyskane wyniki z badań wskazują na potencjał aplikacyjny opracowanej uniwersalnej metodyki postępowania zapewniającej optymalizację procesu decyzyjnego w systemach transportowych, w tym z uwzględnieniem niezawodności obiektów. W związku z tym można stwierdzić, że przydatność praktyczna zaproponowanego rozwiązania dla techniki jest wysoka.

Przedstawiona do recenzji praca bezsprzecznie wskazuje, że Autorka posiada wiedzę w stopniu umożliwiającym rewizję istniejących paradygmatów, a także umiejętności praktyczne i kompetencje społeczne charakterystyczne dla dziedziny nauk inżyniersko-technicznych w obszarze informatyki technicznej.

Pod względem edycyjnym jak i stylistycznym, praca nie budzi zastrzeżeń. Praca jest wolna od błędów stylistycznych i tzw. literówek, rysunki są czytelne a ich jakość jest bardzo dobra. Przedstawiane wzory i rysunki bardzo dobrze uzupełniają i w znaczący sposób ułatwiają zrozumienie prezentowanego rozwiązania. Oceniam poziom pracy jako bardzo dobry i spełniający w całym zakresie wymagania stawiane przed rozprawami doktorskimi. Autorka wykazała się umiejętnością formułowania celu naukowego badań, znajomością metodyki prowadzenia badań naukowych oraz zdolnością do wyciągania wniosków, popartą znajomością wiedzy w obszarach objętych przedstawioną rozprawą. W tym miejscu należy stwierdzić, że Autorka zrealizowała w pełni założone badania osiągając planowane cele naukowe.

Czytając pracę można sformułować również pytania wymagających wyjaśnienia, a mianowicie:

- Doktorantka w swojej rozprawie skupia się na transporcie samochodowym (kołowym). Na tej bazie zostały skonstruowane przykłady rozwiązywanych problemów. Czy Autorka widzi możliwość wykorzystania opracowanych rozwiązań w innych systemach transpor-

- towych niż transport samochodowy np. transporcie morskim lub lotniczym? Czy zaprojektowane modele można uogólnić na rozwiązania transportu multimodalnego?
- W podsumowaniu Doktorantka wskazuje na możliwość wykorzystania ewolucyjnych i inspirowanych biologicznie metod optymalizacji do poszerzenia zakres zastosowania opracowanej metodyki postępowania. Proszę o odniesienie się do potencjalnych konsekwencji stosowania algorytmów heurystycznych, które nie dają gwarancji znalezienia rozwiązania optymalnego, a czasami nawet prawidłowego.
 - W rozprawie Doktorantka bardzo pobieżnie porusza temat złożoności obliczeniowej opracowanych algorytmów – strategii postępowania. Bardzo proszę o pogłębienie tego zagadnienia.

Konkluzja

Biorąc pod uwagę omówione i ocenione wyżej rezultaty rozprawy doktorskiej stwierdzam, że rozprawa doktorska Pani por. mgr inż. Joanny SZKUTNIK-ROGOŹ pt. „Komputerowe wspomaganie modelowania i optymalizacji strategii postępowania w wybranych problemach, w tym niezawodnościowych, w systemach transportowych” z nadmiarem spełnia wymagania stawiane przez stosowne przepisy rozprawom doktorskim. Wnioskuje zatem o dopuszczenie Pani por. mgr inż. Joanny SZKUTNIK-ROG do dalszych etapów przewodu doktorskiego.

Ponadto biorąc pod uwagę, potencjał aplikacyjny rozwiązania, jego kompleksowe przedstawienie tj. wraz z opracowanym narzędziem informatycznym oraz oryginalność wyników uzyskanych przez Doktorantkę, jak i jej dorobek publikacyjny stawiam wniosek o wyróżnienie tej rozprawy doktorskiej.

Gdynia dn. 24.10.2024 r.

