



Prof. dr hab. inż. Waldemar Kuczynski
Politechnika Koszalińska
Wydział Inżynierii Mechanicznej i Energetyki
Katedra Energetyki
75 – 620 Koszalin, ul. Raławicka 15-17
Tel. 94 3478-420, 437
email: waldemar.kuczynski@tu.koszalin.pl



Koszalin 30.04.2026

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgra inż. Artura Kępczyńskiego pt.:
„Model wspomagania procesu decyzyjnego na potrzeby zapewnienia energii
dla sił zbrojnych na podstawie zarządzania paliwem”

Recenzję wykonano na zlecenie Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwa i Energetyka Politechniki Poznańskiej, prof. dr hab. inż. Zbigniewa Nadolnego, w oparciu o pismo nr WISIE.63.2025.24 z dnia 23.03.2026 r.

Rozprawa doktorska powstała i została zredagowana pod kierunkiem
prof. dr hab. inż. Andrzeja Frąckowiaka

Funkcje promotora pomocniczego pełnił **dr inż. Dariusz Łukowski**

1. Tytuł i przedmiot rozprawy doktorskiej

Tytuł rozprawy doktorskiej brzmi: *Model wspomagania procesu decyzyjnego na potrzeby zapewnienia energii dla sił zbrojnych na podstawie zarządzania paliwem*, a jej przedmiotem jest opracowana metodyka predykcji funkcjonowania systemu dostarczania paliw pędnych dla wyodrębnionych jednostek Sił Zbrojnych RP określonych, jako Oddziały Gospodarcze. Motywacją podjęcia takiego tematu rozprawy doktorskiej było przeanalizowanie możliwości modelowania działań logistycznych w celu zapewnienia bezpieczeństwa energetycznego jednostkom wojskowym. W szczególności dotyczy to paliw pędnych, których odpowiednia ilość ma bezwzględny wpływ na utrzymanie zdolności operacyjnych zarówno w czasie pokoju jak i kryzysów oraz działań wojennych. Determinuje to utrzymanie zdolności operacyjnych w sposób ciągły w odniesieniu do odpowiedniego zasilania pododdziałów i jednostek w paliwo. Wymusza na poszczególnych szczeblach dowodzenia odpowiednich działań, spowodowanych warunkami zmiennego popytu, ograniczeniami infrastruktury, problemów transportowych oraz presji czasowej. Obecny obszar działań sił zbrojnych determinuje wykorzystanie wszelkiego typu sprzętu technicznego, którego przeważająca część zasilana jest paliwami pędnymi, których zasoby mają charakter krytyczny. Wszelki niedobór i brak możliwości jego uzupełnienia natychmiast ogranicza mobilność i goto-

wość bojową. Nadmiar natomiast generuje ryzyko proceduralne, logistyczne i bezpieczeństwa w szczególności przy ograniczonych pojemnościach magazynowych.

Obecny sposób operowania jednostek zbrojnych charakteryzuje się znacznym rozproszeniem działań, opartym o wymianę informacji w czasie rzeczywistym przy jednoczesnym wzroście ograniczeń proceduralnych, infrastrukturalnych i często też zasobowych. W obszarze działań logistycznych, zapewnienie odpowiednich źródeł dostaw, w tym tych związanych z energetycznymi wymusza współcześnie podjęcie natychmiastowych decyzji. Działania takie są możliwe w oparciu o bezzwłoczną analizę danych, która pozwala na przewidywanie stanów krytycznych (niedoboru lub nadmiaru zapasów danego środka). W praktyce podstawowa jednostka sił zbrojnych przeznaczona do tych zadań, tj. oddział gospodarczy jest odpowiedzialny za utrzymanie rezerw, obsługę wydawania paliwa, planowanie uzupełnień oraz raportowanie stanu. Podejmowanie odpowiednich decyzji w celu zapewnienia wskazanych powyżej wymagań, może być wsparte automatyzacją procesów decyzyjnych. W tym celu w przedstawionej do oceny rozprawy doktorskiej podjęto próbę opracowania metodyki zaimplementowanej do autorskiego oprogramowania, mającego wspomagać procesy decyzyjne na poszczególnych szczeblach zabezpieczenia logistycznego Sił Zbrojnych w zakresie dostaw paliw. Procedura ma w założeniu pozwolić na odpowiednie reagowanie w czasie rzeczywistym na zmieniającą się sytuację operacyjną w poszczególnych ogniwach łańcucha logistycznego. Metodę tę oparto o gromadzone i na bieżąco aktualizowane dane Zintegrowanego Wieloszczeblowego Systemu Informatycznego Resortu Obrony Narodowej (ZWSI RON), parametry środowiska naturalnego oraz wskaźniki operacyjne. W praktyce pozwoliło to na wykorzystanie algorytmów uczenia maszynowego w istniejących systemach informatycznych resortu obrony narodowej RP.

W celu realizacji przyjętego w pracy zadania zastosowano metodę podejścia systemowego, empirycznego i inżynierskiego. Wykorzystując analizę systemową i modelowanie procesu decyzyjnego z identyfikacją faz i kroków procesu podejmowania decyzji oraz opis roli informacji i interfejsu użytkownika określono ogólną koncepcję realizacji przyjętych założeń. W części praktycznej przeprowadzono badania porównawcze opracowanych modeli uczenia maszynowego przy zadanej regresji, z wykorzystaniem klasycznych miar jakości dopasowania i błędu. Natomiast w tzw. części inżynierskiej zaprojektowano i zaimplementowano opracowany prototyp Logistycznego Systemu Wspomagania Decyzji (LSWD), łączący predykcję, wariantowanie, alertowanie i raportowanie.

W procedurze predykcyjnej wykorzystano perceptron wielowarstwowy (MLP - Multilayer Perceptron) z jedną ukrytą warstwą. W obliczeniach wykorzystano cztery warianty algorytmiczne: algorytm *quasi-Newtona Broydena-Fletcher-Goldfarba-Shanno* (BFGS), regularyzację bayesowską (BR), Levenberg-Marquardt (LM) oraz resilient backpropagation (RP). Stopień pokrycia wykonanych obliczeń z wynikami rzeczywistymi identyfikowano wskaźnikiem regresji R oraz błędami RMSE i MSE.

W implementacji autorskiego prototypu LSWD zaprojektowano interfejs użytkownika podnoszący efektywność decyzyjną stosując: ograniczenie liczby parametrów jednocześnie widocznych, grupowanie wejść (sytuacja operacyjna, zasoby, środowisko, obciążenie), jednoznaczne alerty (komunikaty) oraz prezentację wyników w postaci wykresu wariantów i raportu. W celu analizy uzyskanych wyników po zakończeniu działania oprogramowania, zastosowano mechanizm zapisu wykonanych iteracji do arkusza kalkulacyjnego. W sposób szczegółowy badania zrealizowano w 4 głównych fazach:

Faza I - obszar koncepcyjny procesu decyzyjnego i systemu dystrybucji paliw, zdefiniowane wg WMPD – wielokryterialnego modelu procesu decyzyjnego w odniesieniu do progów MIN/MAX.

Faza II - przygotowanie danych i badania porównawcze sieci neuronowych wg MLP. Faza zakończona została wyborem konfiguracji referencyjnej (MLP-BR) na podstawie miar jakości.

Faza III - projekt i implementacja prototypu LSWD w MATLAB, zgodnie z modułami: wczytywanie danych, predykcję wielokrokową, logikę scenariuszową, interfejs użytkownika, alertowanie, raportowanie oraz zapis iteracji.

Faza IV – walidacja funkcjonalna i analiza wrażliwości. Wykonano testy scenariuszowe, których celem było sprawdzenie zgodności zachowania systemu z logiką operacyjną, rozróżnialności wariantów, poprawności alertów oraz spójności mechanizmu zapisu iteracji. Wykonano również ocenę jakościową użyteczności interfejsu użytkownika w kontekście szybkości uzyskania wyniku i interpretowalności.

Badania oraz model predykcyjny oparto o archiwalne wyniki z lat 2019 - 2023 obejmujące 260 tygodni działań danego Oddziału Gospodarczego, w części jego działalności związanej z dostawami paliw.

Należy ocenić, że podany tytuł rozprawy doktorskiej, tematycznie odpowiada przyjętym założeniom przedstawionym w jej skróconym powyżej opisie.

2. Struktura redakcyjna (układu) pracy

Rozprawę doktorską stanowi cykl połączonych tematycznie 6 publikacji, zamieszczonych w tym opracowaniu, jako załączniki i będące w zasadzie jego odrębną częścią. Opis syntetyczny treści zawartych w tych pozycjach, został umieszczony w pierwszej części tej pracy. Całość wraz ze streszczeniem w języku polskim i angielskim, spisem treści, nomenklaturą, wykazem współautorskich publikacji w czasopismach i materiałach konferencyjnych, wykazem literatury, listą tabel i rysunków zawarta została na 175 stronach.

Oprócz wymienionych powyżej, Autor umieścił w opracowaniu również historyczne dane osobowe związane z karierą zawodową w Siłach Zbrojnych RP.

Istotnym elementem w przedstawionych do oceny materiałach jest informacja o osiągnięciach naukowych wchodzących w skład rozprawy doktorskiej. Pośród 6 wskazanych pozycji, 2 są autorstwa Doktoranta, pozostałe 4 występują, jako współautorskie. Rola Doktoranta we wspólnych publikacjach została przedstawiona procentowo oraz merytorycznie w końcowej części pracy. Zakres ten należy uznać za odpowiedni w odniesieniu do wymogów związanych z uznaniem przedstawionego materiału, jako podstawę zgłoszenia go przez Autora, jako pracy doktorskiej.

Przedstawiony do oceny materiał został w zasadzie podzielony na 3 części, w pierwszej umieszczono dane osobowe Doktoranta, przedstawiające drogę zawodową w Siłach Zbrojnych RP. W części drugiej znalazł się syntetyczny opis przedmiotu rozprawy, zawarty w części trzeciej, czyli pozycjach publikacyjnych będących jej podstawą.

Część merytoryczna, czyli druga rozpoczyna się od **Streszczenia**, zredagowanego w języku polskim i angielskim. Następnie w **Rozdziale 8. Uzasadnienie podjętej tematyki i wprowadzenie**, przedstawiono motywację podjętej tematyki. Opisano ją powyżej w pkt. 1 tej recenzji. W **Rozdziale 9. Określenie problemu badawczego, tezy oraz zadań badawczych**, zdefiniowano problem, jakim jest obecnie znaczna inercja w procesach decyzyjnych dotyczących logistyki w obszarze zagadnień energetycznych. Zdefiniowano tezę oraz sformułowano zakres badań mających tę tezę potwierdzić. **Rozdział 10. Metody badawcze wykorzystane do realizacji rozprawy doktorskiej**, to wykaz przyjętej do realizacji badań metodyki. Oparta jest ona o zagadnienia związane z tzw. uczeniem maszynowym z przystosowaniem do zaproponowanych własnych algorytmów obliczeniowych. **Rozdział 11. Obiekty badawcze oraz program realizacji badań**,

podaje zakres czasowy, jako historyczną bazę danych przyjęty w tworzeniu własnego algorytmu obliczeniowego. Wykorzystano tutaj dane z lat 2019 - 2023 z 260 tygodni z Oddziałów Gospodarczych Sił Zbrojnych RP. **Rozdział 12. Wyniki badań (na podstawie publikacji)**, przeprowadzono analizę literatury z zakresu wykorzystania algorytmów uczenia maszynowego. Rozważono tutaj również zagadnienia wielokryterialności i roli informacji w procesie decyzyjnym. **Rozdział 13. Badania i wyniki implementacyjne prototypu LSWD/LDSS (wyniki niepublikowane)**, to opis autorskich propozycji rozwiązania sformułowanych problemów badawczych. Istotnym elementem jest tutaj fakt, że wyniki te mają charakter niepublikacyjny. **Rozdział 14. Wkład własny i elementy nowości**, zawiera informację w zasadzie o spełnieniu potwierdzenia postawionej tezy badawczej. **Rozdział 15. Wnioski i kierunki dalszych badań**, syntetycznie podsumowuje przedstawione do oceny opracowanie. W dalszej kolejności wg spisu treści umieszczono w **Rozdziale 16. Wykaz publikacji stanowiąca podstawę rozprawy doktorskiej**, **Rozdział 17. Literatura**, **Rozdział 18. Wykaz dorobku naukowego, organizacyjnego i innych osiągnięć**, **Rozdział 19. Publikacje stanowią podstawę merytoryczną rozprawy doktorskiej**. Należy tutaj zauważyć, że tytuł **Rozdziału 16** powinien brzmieć: „Wykaz publikacji stanowiących...” i **Rozdział 19**: „Publikacje stanowiące...”

Jeśli chodzi o wykaz przytoczonych pozycji literaturowych, to jest ich 79 i merytorycznie są zgodne z podjętą tematyką.

Oceniając strukturę przedstawionego do oceny opracowania w tej formie nie budzi ono zastrzeżeń i można ją ocenić pozytywnie.

3. Cel, zastosowane metody i teza pracy

Cel pracy został podany w **Rozdziale 8. Uzasadnienie podjętej tematyki oraz wprowadzenie**, gdzie wskazano na powody podjęcia rozpatrywanej tematyki i działania badawcze mające doprowadzić do realizacji postawionych założeń. W przypadku tzw. typowych prac doktorskich wymaga się, postawienia tezy lub hipotezy, co ma miejsce w **Rozdziale 8. Określenie problemu badawczego, tezy oraz zadań badawczych**. Sformułowano następującą tezę: *Zastosowanie perceptronu wielowarstwowego (MLP) uczonego metodą regularyzacji bayesowskiej (BR) jako rdzenia predykcyjnego w logistycznym systemie wspomaganie decyzji zapewnia stabilną generalizację i niskie błędy predykcji w zadaniu prognozowania stanu paliwa w oddziale gospodarczym, a połączenie predykcji z analizą scenariuszową i parametryzacją warunków operacyjnych przez decydenta zwiększa użyteczność wyników w procesie decyzyjnym*. Uważam, że jest to poprawne twierdzenie, które zostało potwierdzone.

Oceniając należy stwierdzić poprawność zastosowanych metod mających doprowadzić do osiągnięcia postawionych celów pracy.

4. Omówienie wyników badań

Wyniki przeprowadzonych badań zostały opublikowane we wskazanych, jako podstawa rozprawy doktorskiej 6 publikacjach. Pośród nich 2 stanowią autorski materiał Doktoranta, a 4 mają charakter współautorski. Wszystkie umieszczono na końcu rozprawy w celu zapoznania się z nimi. Należy zauważyć, że w zasadzie taka forma skutkuje tym, że Recenzent otrzymuje już oceniony materiał, przez poszczególne redakcje, które je opublikowały.

Niemniej w zakresie dyskusji pojawia się pytanie dotyczące przyjętych wyników badań z okresu 2019 - 2023 w 260 tygodniach. W pracy pojawia się informacja, że odrzucono te tygodnie, w których nie uzyskano wymaganych informacji. Pojawia się tutaj kwestia, jak w takim razie w warunkach rzeczywistych reagować będzie zaproponowany algorytm obliczeniowy, przy „przerwaniu strumienia danych”, w jaki sposób system zinterpretuje te luki?

Kolejne to czy rzeczywiście za miarodajny sposób dopasowania możemy uznać metodę Bayesiana, gdzie R w zasadzie dla każdej warstwy neuronów wynosi 1. Obserwuje się to również dla metody Levenberg-Marquardt. W BFGS (quasi-Newton) i Resilient Backpropagation, wyniki są również bardzo zbliżone do 1. Pojawia się pytanie, czy jest to rzeczywiście tak dobry wynik, czy też zastosowano współczynnik korygujący.

Powyższe uwagi mają charakter dyskusyjny i Recenzent liczy na ich rozwinięcie podczas publicznej obrony.

5. Podsumowanie

Podsumowując, należy stwierdzić, że przedstawiona do recenzji praca doktorska spełnia warunki określone, o których jest mowa w wytycznych Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Analiza przedstawionego do oceny materiału wskazuje również na jego aplikacyjny charakter. Prowadzenie badań mających na celu wskazanie metod wspomagających procesy decyzyjne w zakresie zoptymalizowanych metod dostarczania paliw pędnych dla Sił Zbrojnych RP, należy uznać za jedno z fundamentalnych w ich prawidłowym działaniu.

6. Ocena pracy i wnioski końcowe

Biorąc pod uwagę przedstawione do oceny opracowanie jego treść i cechy merytoryczne, stwierdzam, że spełnia ono wymogi dysertacji doktorskiej. Określony zakres tematyczny, sposób realizacji założonych przez Autora celów wskazuje na osiągnięcie odpowiednich kompetencji wymaganych zapisami ustawy dla osób ubiegających się o stopień naukowy doktora.

Należy podkreślić, że rozpatrywana tematyka ma charakter aplikacyjny i wpisuje się w zakres technologii i maszyn energetycznych.

Podsumowując stwierdzam, że przedłożona mi do oceny praca zawiera oryginalne ujęcie problemu naukowego i świadczy o opanowaniu przez jej Autor **mgra inż. Artura Kępczyńskiego** naukowych metod doświadczalnych i obliczeniowych, stosowanych w **dyscyplinie inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka**, a tym samym wyczerpuje warunki określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r., poz. 1571, z późn. zm.) co uzasadnia **dopuszczenie** jej do publicznej obrony o co wnioskuję.