

Szczecin, dnia 31 marca 2022 r.

prof. dr hab. inż. Iouri N. Semenov, CEng
Wydział Ekonomiczny w Szczecinie
Wyższa Szkoła Bankowa w Poznaniu
iouri.semenov@wsb.szczecin.pl



RECENZJA

ROZPRAWY DOKTORSKIEJ mgr inż. Macieja Kaczorka

pt. „Model wielokryterialnego wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego”

wykonanej na Wydziale Transportu
Politechniki Warszawskiej

promotor: prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna

PODSTAWA FORMALNA:

- Pismo nr WTBO.521.OR.43.2022 z dnia 22 lutego 2022 r. Pana Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. PW;
- Uchwała nr 332/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 01.02.2022 r. w sprawie powołania komisji doktorskiej w przewodzie doktorskim Pana mgr inż. Macieja Kaczorka;
- Uchwała nr 331/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 01.02.2022 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej Pana mgr inż. Macieja Kaczorka;
- Umowa o dzieło na recenzję doktorską nr 1160/000222022 zlecenie *504440700079 z dnia 21.02.2022 r.

PODSTAWA PRAWNA:

- art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, Akt obowiązujący, Wersja od: 1 stycznia 2022 r. do: 31 grudnia 2022 r.

1. WSTĘP

1.1. PRZEDMIOT RECENZJI

Przedmiotem recenzji jest szczegółowa ocena czy recenzowana Rozprawa doktorska spełnia warunki art. 187. [Rozprawa doktorska] Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce według których:

„1.

Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej.

2.

Przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

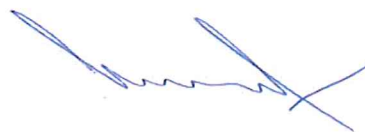
3.

Rozprawę doktorską może stanowić praca pisemna, w tym monografia naukowa, zbiór opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, praca projektowa, konstrukcyjna, technologiczna, wdrożeniowa lub artystyczna, a także samodzielna i wyodrębniona część pracy zbiorowej.

4.

Do rozprawy doktorskiej dołącza się streszczenie w języku angielskim, a do rozprawy doktorskiej przygotowanej w języku obcym również streszczenie w języku polskim. W przypadku gdy rozprawa doktorska nie jest pracą pisemną, dołącza się opis w językach polskim i angielskim.”

Recenzję opracowano na podstawie dostarczonej rozprawy doktorskiej pod wyżej wymienionym tytułem.



1.2. AKTUALNOŚĆ TEMATYKI ROZPRAWY

Przedstawiona do recenzji Rozprawa doktorska mgr. inż. Macieja Kaczorka obejmuje kwestie planowania rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego. Przy tym jako narzędzie optymalizacyjne służące rozwiązywaniu problemów infrastrukturalnych została zastosowana logika rozmyta. Analiza materiałów źródłowych pozwala stwierdzić, iż:

w ogólnym nurcie badań dotyczących wyżej wymienionych kwestii i przedstawionych w piśmiennictwie polskim, zagadnienia odnoszące się do wspomagania podejmowania decyzji w zakresie planowania rozwoju infrastruktury transportowej w oparciu o logikę rozmytą nie były do tej pory przedmiotem kompleksowych badań.

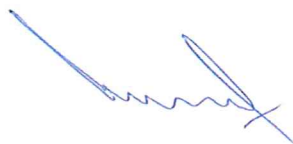
Podjęta w rozprawie tematyka stanowi istotny i aktualny problem badawczy, zarówno teoretyczny jak i praktyczny, szczególnie w odniesieniu do jednego z głównych wyzwań w zakresie transportu określonych przez Komisję Europejską, mianowicie zrównoważonego rozwoju infrastruktury transportowej ze szczególnym uwzględnieniem integracji międzygałęziowej¹.

Uważam, że problem badawczy podjęty przez mgr inż. Macieja Kaczorka w rozprawie doktorskiej jest uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy uznaję za właściwe.

1.3. KRYTERIA OCENY ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

Mając na uwadze wymagania ustawowe - Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, przy ocenie Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Macieja Kaczorka przyjęto następujące kryteria:

- znaczenie i oryginalność podjętej problematyki,



¹ Komisja Europejska, Europa w ruchu – Program działań na rzecz sprawiedliwego społecznie przejścia do czystej, konkurencyjnej i opartej na sieci mobilności dla wszystkich, COM(2017) 283 final z 31.5.2017

- stopień rozeznania Doktoranta dotychczasowego stanu wiedzy w badanej tematyce,
- poprawność w sformułowaniu celów i hipotez badawczych,
- zasadność zastosowanej metodyki badań,
- spójność struktury rozprawy.

2. STRUKTURA ROZPRAWY

Recenzowana Rozprawa doktorska będąca przedmiotem oceny ma formę maszynopisu oprawionego w miękką oprawę uniemożliwiającą wyjmowanie kart, i obejmuje 222 strony, w tym:

- 180 stron tekstu zasadniczego oraz umieszczonych w tym tekście ponumerowanych i podpisanych 22 rysunki i 46 tabel;
- 12 stron bibliografii, liczącej 245 pozycji (121 w języku polskim oraz 124 w języku obcym, angielskim i niemieckim) w tym 1 pozycja autorska i 1 pozycja współautorska mgra inż. Macieja Kaczorka;
- 5 stron spisu rysunków, tabel;
- 27 stron załączników.

Zasadnicza treść Rozprawy została przedstawiona w dziewięciu Rozdziałach, poprzedzonych streszczeniami zarówno w języku polskim jak i angielskim oraz Wstępem. Rozprawę kończy Podsumowanie i wnioski stanowiące konkluzję z przeprowadzonych w Rozprawie badań.

Biorąc pod uwagę powyższe, uważam, że struktura Rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Kaczorka jest poprawna i zgodna z koncepcją badawczą.

3. ANALIZA ZAKRESU, CELU I TREŚCI ROZPRAWY

We Wstępie zidentyfikowane główne problemy decyzyjne w transporcie.



Zaakcentowano złożoność charakteru problemów związanych z budową i modernizacją infrastruktury transportu występujących wskutek zarówno ich ścisłych powiązań z procesem planowania realizacji zadań przewozowych jak i uwarunkowań techniczno-eksploatacyjnymi. Na podstawie udziału poszczególnych gałęzi transportu w przewozach i pracy przewozowej określono obszar zastosowań modelu wspomagania decyzji dotyczących wyboru projektów z zakresu planowania rozwoju infrastruktury transportu kolejowego i drogowego na terenie Polski z uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego.

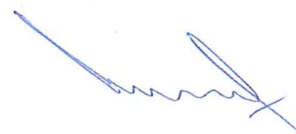
Rozdział 1 przedstawia wprowadzenie do problemu badawczego. Zasluguje na podkreślenie, że kluczowe pojęcia stosowane w rozprawie zdefiniowano na podstawie wnikliwych studiów literaturowych. Następnie przedstawiono przegląd dokumentów strategicznych dotyczących planowania rozwoju infrastruktury transportu w Polsce z uwzględnieniem metod optymalizacji wielokryterialnej i oceny proponowanych rozwiązań.

W drugim rozdziale zdefiniowano cel główny i cele szczegółowe rozprawy oraz tezę badawczą. Określono zakres oraz schemat przeprowadzonych badań. Doktorant wyznaczył **następujący cel rozprawy:**

„opracowanie wielokryterialnego modelu wspomagania decyzji opartego o logikę rozmytą oraz zaimplementowanego w środowisku MATLAB dla potrzeb planowania rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego.”

Warto zauważyć, że główny cel Dysertacji jest logiczny i adekwatny do przyjętego obszaru badawczego. Jednoznacznie określił on strukturę zarówno części teoretycznej, jak i empirycznej Rozprawy, a Doktorant przedstawiając, analizując i oceniając uzyskane w trakcie badań wyniki, konsekwentnie dążył do realizacji postawionego celu oraz udowodnienia tezy, co ostatecznie osiągnął.

Rozdział 3 skupia się na przedstawieniu wielokryterialnych metod wspomagania decyzji ze szczególnym uwzględnieniem metod opartych na logice rozmytej.



Zidentyfikowano mocne i słabe strony tego narzędzia badawczego. Analiza metod wspomagania decyzji została przeprowadzona w odniesieniu do ich przydatności w trakcie badań ukierunkowanych na rozwiązanie zdefiniowanego problemu badawczego. Dążąc do osiągnięcia celów oraz udowodnienia tez postawionych w rozprawie na podstawie przeprowadzonej analizy wybrano metodę opartą na logice rozmytej.

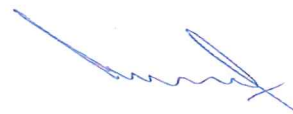
Rozdział 4 prezentuje procedurę formułowania kryteriów podejmowania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej. Autor trafnie pogrupował zdefiniowane kryteria w odniesieniu do celów rozwojowych, w tym: kryteria gospodarczo-transportowe, kryteria środowiskowe, kryteria społeczne. Poza tym poszczególnym kryteriom przyporządkowano odpowiednią miarę.

Zasadnicza część rozprawy prezentująca **oryginalne rozwiązanie problemu naukowego**, w mojej opinii zawarta w Rozdziałach 5, 6, 7 oraz 8, w których mgr inż. Maciej Kaczorek:

- przedstawił autorską metodę wspomagania decyzji dotyczących z budową, rozbudową i przebudową infrastruktury transportowej ze szczególnym uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego opartą o wnioskowanie rozmyte oraz
- pokazał użyteczność praktyczną zastosowania zaproponowanych rozwiązań w sferze gospodarczej.

W Rozdziale 5 zaprezentowano autorski model wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej opierający się na logice rozmytej. Rozdział zawiera założenia ogólne, strukturę modelu, parametry modelu, w tym kryteria decyzyjne i reguły wnioskowania, a także zmienne lingwistyczne i funkcje przynależności.

Do celów modelowania procesu wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej na podstawie analizy porównawczej wybrano model typu Mamdani.

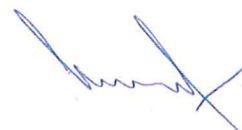


W odróżnieniu od modelu typu Sugeno², który w konkluzji zawiera funkcje zmiennych wejściowych $f(x)$, (przy czym są to najczęściej funkcje liniowe), model typu Mamdani jest intuicyjny, liczba zmiennych nie jest duża, a we wnioskach reguł występują zbiory rozmyte. Uważam, że wybór jest trafny, ponieważ taki typ modelu jest najbardziej odpowiedni w rozwiązaniu zdefiniowanego problemu badawczego.

Rozdział 6 przedstawia procedurę metody planowania rozwoju infrastruktury transportowej z zastosowaniem autorskiego modelu wspomaganie decyzji opartego na logice rozmytej zaproponowanego w rozdziale piątym. Zaprezentowano cztery etapy procedury wspomaganie decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury uwzględniające proces przygotowania modelu, proces przygotowanie danych o projektach, proces oceny projektów oraz proces rankingowanie projektów.

W **Rozdziale 7** dokonano implementacji komputerowej modelu w oparciu o środowisko MATLAB w wersji R2021b, w ramach którego zastosowano dodatek logiki rozmytej. Przedstawiono strukturę systemu wnioskowania rozmytego w Fuzzy Logic Toolbox dla środowiska MATLAB. Scharakteryzowano module wnioskowania rozmytego dla obszarów gospodarczo-transportowego, środowiskowego, społecznego oraz odpowiedzialnego za ocenę syntetyczną. Zaprezentowano globalne wyniki modelowania.

Rozdział 8 uwypukla użyteczność praktyczną oryginalnych wyników badań naukowych Doktoranta ukierunkowanych na wspomaganie podejmowania decyzji w procesach oceny i szeregowania projektów budowy, rozbudowy i przebudowy infrastruktury kolejowej i drogowej. Weryfikacja metody wielokryterialnego wspomaganie decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej dokonano z zastosowaniem modelu zaimplementowanego w aplikacji MATLAB Fuzzy Logic Toolbox na przykładzie konkretnych projektów modernizacyjnych. Pokazano, że zastosowanie autorskiego modelu daje możliwość nie tylko określić preferencje decydenta, ale także uszeregować projekty wg ich przydatności dla rozwoju regionu.



² zazwyczaj nazywanego: model Takagi - Sugeno (T-S) lub model Takagi - Sugeno-Kana (T-S-K)

Rozdział 9 zawiera podsumowanie przeprowadzonych badań oraz zarówno wnioski ogólne jak i metodologiczne.

Podsumowując tę część recenzji jestem zdania, że przeprowadzone przez mgr. inż. Macieja Kaczorka badania mają istotne znaczenie naukowe i aplikacyjne, a ich wyniki przyczynią się do podwyższenia skuteczności decyzji podejmowanych w procesie wyboru najlepszych projektów dotyczących budowy, rozbudowy i przebudowy infrastruktury transportowej ze szczególnym uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego.

4. STRONA WARSZTATOWA – OCENA FORMALNA

Strona warsztatowa opiniowanej Rozprawy doktorskiej mgr. inż. Macieja Kaczorka zasługuje na pozytywną ocenę. Doktorant dokładnie objaśnia zastosowane pojęcia i charakteryzowane zjawiska. Praca zredagowana jest poprawnie zarówno pod względem użytego języka jak i stylistyki tekstu naukowego. Rysunki oraz tabele są celowo dobrane, co podkreśla walory merytoryczne Rozprawy i przygotowanie Doktoranta do zaprezentowania jej treści. Warto zaznaczyć, że przedstawienie grafiki w kolorze znacznie polepsza możliwość przejrzenia tych rysunków zgodnie z ich przeznaczeniem.

Na wysoki stopień rozeznania zagadnień w zakresie tematu pracy mgr. inż. Macieja Kaczorka oraz jego krytyczny stosunek do istniejących narzędzi badawczych wskazuje zaprezentowany w Rozprawie sposób wykorzystania wiedzy, mający u swoich podstaw nie tylko analizę dostępnej literatury przedmiotu ale również własne doświadczenie Doktoranta w zakresie planowania i zarządzania strategicznego ze szczególnym uwzględnieniem transportu kolejowego. Świadczy to również o umiejętności mgr. inż. Macieja Kaczorka do syntetyzowania posiadanej wiedzy i jego dojrzałości naukowej.

Wykorzystane przez Doktoranta algorytmy postępowania prowadzące do rozwiązania postawionego w Rozprawie problemu badawczego zostały użyte zgodnie z zaleceniami metodologii badań naukowych. Dobór literatury jest właściwy. Doktorant wykorzystał wiele źródeł danych, zarówno o charakterze wtórnym, jak i pierwotnym.



5. GŁÓWNE WALORY ROZPRAWY

W przedstawionej do recenzji Rozprawie doktorskiej mgr. inż. Maciej Kaczorek podjął się rozwiązania złożonego zagadnienia dotyczącego wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem rozplanowania przestrzennego.

Dożąc do osiągnięcia postawionego celu Doktorant przeprowadził:

- dogłębne studia literaturowe dotyczące aktualnego stanu wiedzy w zakresie planowania i rozwoju systemów transportowych ze szczególnym uwzględnieniem infrastruktury transportowej oraz problemów związanych z zagospodarowaniem przestrzennym;
- analizę porównawczą wybranych metod wielokryterialnego wspomagania decyzji oraz określenie istotnych cech tych metod w kontekście celu rozprawy,
- określenie kryteriów podejmowania decyzji odnoszących się do celów rozwojowych, które stanowiły założenia do modelowania preferencji decydenta,
- parametryzacji kryteriów poprzez określenie odpowiadających im zmiennych i terminów lingwistycznych, przeprowadzoną na podstawie nie tylko dostępnych danych ale także wyników badań własnych,
- określenia reguł wnioskowania rozmytego, na podstawie badań własnych z udziałem grupy ekspertów.

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć przedstawionych przez mgr. inż. Macieja Kaczorka zaliczam:

- Opracowanie autorskiego modelu wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem rozplanowania przestrzennego w oparciu o logikę rozmytą, który daje możliwość określenia stopnia preferencji decydenta dla realizacji projektu rozwojowego infrastruktury kolejowej lub drogowej.



- Implementację modelu wspomagania decyzji procesu planowania rozwoju infrastruktury transportowej w środowisku MATLAB Fuzzy Logic Toolbox, który pozwala na uzyskanie wyników stopnia preferencji decydenta dla danego projektu,
- Weryfikację Autorskiego modelu poprzez zastosowanie zaimplementowanej metody do oceny stopnia preferencji zarówno projektów kolejowych i jak i projektów drogowych, co potwierdziło użyteczność praktyczną opracowanych rozwiązań.

Warto odnotować, iż opracowana w ramach rozprawy Autorska metoda oraz oryginalny model wspomagania decyzji udogodniają proces decyzyjny gdyż:

- wymagania w zakresie danych wejściowych zostały dostosowane do poziomu informacji dostępnych na wstępnym etapie planowania,
- ocena projektów w zakresie infrastruktury drogowej i kolejowej może zostać przeprowadzona z uwzględnieniem wspólnego zestawu kryteriów,
- propozycja decyzji opiera się na obiektywnych i przejrzystych przesłankach,
- propozycja decyzji udostępnia się w krótkim czasie,

Jednocześnie zastosowanie opracowanych w Rozprawie rozwiązań wyeliminuje konieczność każdorazowego zaangażowania grona ekspertów do oceny projektów rozwojowych infrastruktury transportowej.

7. UWAGI KRYTYCZNE

Pomimo niewątpliwych zalet Rozprawa ma drobne niedociągnięcia, w tym:

- Brak spisu oznaczeń wykorzystanych w Rozprawie;
- Brak precyzji w podawaniu źródła literaturowego. W Rozdziale 3 oraz dalej w Rozdziale 5 Doktorant, opisując systemy wnioskowania rozmytego, podaje jako źródło literaturowego pozycję [196] Bibliografii: Sugeno, M.: *Industrial Applications of Fuzzy Control*. Elsevier Science, USA, 1985.



Komentarz:

Wymieniona publikacji jest zbiorem artykułów różnych autorów, natomiast profesor Michio Sugeno występuje zarówno jako edytor całego dzieła jak i współautor następujących jego fragmentów:

- Yagashita O., Itoh O., **Sugeno M.**: *Application of Fuzzy Reasoning to the Water Purification Process*;
- **Sugeno M.**, Murakami K.: *An Experimental Study on Fuzzy Parking Control Using a Model Car*;
- Yamazaki T., **Sugeno M.**: *A Microprocessor Based Fuzzy Controller for Industrial Purposes*.

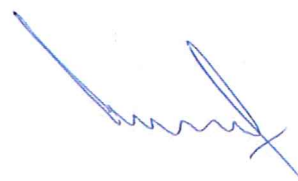
W mojej opinii w takim przypadku należy wymieniać źródło z większą dokładnością.

— Pominięcie w Rozprawie artykułów, przedstawiających model Takagi - Sugeno:

- Sugeno M., Takagi T.: *Multi-dimensional fuzzy reasoning*, Fuzzy sets and Systems, Vol. 9, Issues 1-3, 1983, pp.313-325
- Takagi T., Sugeno M.: *Fuzzy identification of systems and its applications to modeling and control*, IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part B: Cybernetics, vol. SMC-15, no. 1, January / February pp. 116–132, 1985

7. KONKLUZJA KOŃCOWA

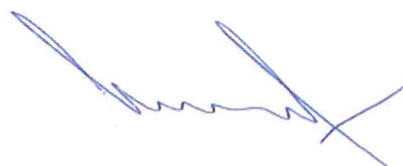
Mimo przedstawionych powyżej uwag krytycznych, które nie podważają zasadniczego dorobku Doktoranta, uważam, że przedmiotem rozprawy doktorskiej jest oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. W trakcie badań przyjęta teza rozprawy została udowodniona, a wyznaczony cel został konsekwentnie osiągnięty. Udowodniona również użyteczność praktyczna wyników badań naukowych Doktoranta w sferze gospodarczej.



Dokonując oceny całości pracy jednoznacznie wyrażam opinię, iż recenzowana Rozprawa doktorska mgr. inż. Macieja Kaczorka spełnia formalne, metodyczne, merytoryczne i kwalifikacyjne kryteria stawiane rozprawom doktorskim, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazując na wysoki poziom wiedzy teoretycznej jej Autora w reprezentowanej dyscyplinie nauki, dobrą znajomość przedmiotu badań, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia przez niego pracy naukowo-badawczej.

Reasumując stwierdzam, że Rozprawa doktorska mgr. inż. Macieja Kaczorka pt.: „Model wielokryterialnego wspomagania decyzji w planowaniu rozwoju infrastruktury transportowej z uwzględnieniem aspektów zagospodarowania przestrzennego” bez wątpienia spełnia warunki przewidziane w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce.

Stawiam wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji jako rozprawy doktorskiej mgr inż. Macieja Kaczorka na stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport i dopuszczenie jej do publicznej obrony.



prof. dr hab. inż. Iouri N. Semenov, CEng