

Poznań, 7.08.2026 r.

dr hab. inż. Andrzej Ziółkowski, prof. PP

Instytut Napędów i Lotnictwa

Wydział Inżynierii Lądowej i Transportu

Politechnika Poznańska

RECENZJA

rozprawy doktorskiej kpt. mgr. inż. Sebastiana Sobczuka

pt.: „Badanie odporności procesów transportowych

na zakłócenia współczesnych kryzysów”

(promotor: płk prof. dr hab. inż. Anna Borucka)

Podstawa opracowania:

Decyzja Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Wojskowej Akademii Technicznej im. Jarosława Dąbrowskiego nr 16/RDN/ILGiT/2026 z dnia 19.05.2026 r.

1. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA ROZPRAWY

Współczesna gospodarka funkcjonuje w warunkach nasilających się zakłóceń o wielowymiarowej genezie, których oddziaływanie w istotnym stopniu obejmuje również sektor transportu. Wydarzenia ostatnich kilkunastu lat takie jak: globalny kryzys finansowy, pandemia COVID-19, wojna na Ukrainie i związane z nią przepływy migracyjne, a także długookresowe wyzwania środowiskowe, energetyczne i społeczne, pokazały skalę podatności systemów transportowych na zakłócenia oraz złożoność mechanizmów ich oddziaływania. Transport, jako sektor warunkujący ciągłość łańcuchów dostaw i mobilność ludności, a zarazem cechujący się wysoką kapitałochłonnością infrastruktury i silnym powiązaniem z poziomem popytu, należy do obszarów szczególnie wrażliwych na zmiany zachodzące w otoczeniu. W tych okolicznościach badanie odporności procesów transportowych na zakłócenia wywoływane kryzysami o zróżnicowanym charakterze, prowadzone z wykorzystaniem metod ilościowych, stanowi problematykę aktualną i istotną zarówno w wymiarze poznawczym, jak i aplikacyjnym.

Doktorant, kpt. mgr inż. Sebastian Sobczuk, podjął w rozprawie tematykę analizy i oceny oddziaływania współczesnych kryzysów o podłożu środowiskowym, gospodarczym, zdrowotnym, społecznym i militarnym na funkcjonowanie procesów transportowych. Uwzględnił szczegółowo polski system transportowy z zastosowaniem metod i modeli matematycznych opartych na danych statystycznych.

Rozprawę doktorską stanowi cykl pięciu powiązanych tematycznie artykułów naukowych (P1–P5), co jest zgodne z art. 187 ust. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Artykuły zostały opublikowane w latach 2024–2025

w czasopismach znajdujących się w wykazie czasopism punktowanych (Applied Sciences, Energies, Sustainability, Scientific Journals of the Maritime University of Szczecin, European Research Studies Journal). Łączna liczba punktów MEiN za publikacje uwzględnione w cyklu wynosi 510, a sumaryczny Impact Factor czasopism – 9,3. We wszystkich pracach cyklu Doktorant jest pierwszym (P1, P3, P4, P5) lub drugim autorem (P2), a załączone oświadczenia współautorów pozwalają na jednoznaczne wyodrębnienie jego wkładu merytorycznego. Dodatkowo Doktorant przedstawił dziesięć publikacji uzupełniających (U1–U10), o łącznej punktacji 460 pkt MEiN i sumarycznym IF równym 6,4, które poszerzają zakres badań i stanowią spójne dopełnienie zasadniczych wyników rozprawy. Tak udokumentowany dorobek publikacyjny należy ocenić jako obszerny i wartościowy jak na etap rozwoju naukowego Doktoranta.

Część syntetyczna rozprawy została napisana w języku polskim i liczy 72 strony tekstu obejmującego 4 rozdziały oraz spis literatury zawierający 89 pozycji. W pracy zawarto streszczenia w języku polskim i angielskim, wykaz użytych skrótów oraz załączniki obejmujące pełne teksty artykułów P1–P5 wraz z oświadczeniami współautorów. Całość dokumentu liczy 201 stron.

W rozdziale pierwszym Doktorant przedstawił wprowadzenie w problematykę rozprawy, obejmujące charakterystykę współczesnych kryzysów oraz ich znaczenia dla funkcjonowania sektora transportu, a także przegląd literatury dotyczącej zastosowań modelowania matematycznego w badaniach nad transportem. Na tej podstawie wskazano obszary badawcze wymagające uzupełnienia. Stwierdzono, że dotychczasowe analizy koncentrują się zazwyczaj na wybranym aspekcie funkcjonowania transportu bądź określonym typie zakłócenia, natomiast znacznie rzadziej różne typy kryzysów rozpatrywane są łącznie, przy zachowaniu spójnej perspektywy badawczej i porównywalnych założeń. Stanowiło to przekonującą genezę podjęcia tematyki realizowanej w rozprawie.

Rozdział drugi zawiera założenia i obszar badawczy rozprawy. Doktorant sformułował główny problem badawczy oraz trzy problemy szczegółowe (PS1–PS3), a następnie cel pracy, hipotezę główną i trzy hipotezy szczegółowe (HS1–HS3), przyporządkowane kolejno wyzwaniom środowiskowo-gospodarczym, kryzysom zdrowotnym oraz kryzysom militarnym i społecznym. Na podkreślenie zasługuje rzetelne wskazanie ograniczeń badawczych, dotyczących m.in. zakresu przestrzennego badań, charakteru danych wtórnych oraz postulatywnego charakteru rekomendacji. W rozdziale zestawiono także publikacje cyklu z metodami badawczymi zastosowanymi do rozwiązania poszczególnych problemów szczegółowych.

Rozdział trzeci, zasadniczy dla rozprawy, prezentuje wyniki badań uzyskane w artykułach składających się na cykl, w podziale na trzy podrozdziały. W podrozdziale 3.1 (publikacje P1–P2) opracowano typologię współczesnych kryzysów powiązanych z transportem oraz zbadano (z wykorzystaniem metody kointegracji Johansena, modelu VECM i analizy funkcji odpowiedzi impulsowej) długookresowe zależności pomiędzy całkowitym zużyciem energii końcowej w transporcie, emisjami dwutlenku węgla z transportu oraz dochodami budżetu państwa w Polsce w latach 1990–2022. W podrozdziale 3.2 (publikacje P3–P4) analizowano funkcjonowanie transportu pasażerskiego w warunkach kryzysu zdrowotnego na przykładzie pandemii COVID-19. W publikacji P3 zastosowano wykładanie wykładnicze Holta–Wintersa w wariancie multiplikatywnym do porównawczej oceny kondycji pasażerskiego transportu lotniczego w Polsce oraz w Portugalii, Szwecji, Norwegii i Szwajcarii. Oszacowano straty przewozowe oraz stopień osiągnięcia referencyjnego poziomu przewozów, a także przeanalizowano tempo odbudowy wybranych rynków lotniczych. W publikacji P4 porównano trzy modele: SARIMA, Holta–Wintersa oraz dekompozycję STL w analizie i prognozowaniu kwartalnego ruchu pasażerskiego w polskich portach morskich. W podrozdziale 3.3 (publikacja P5) rozpatrzono procesy transportowe w sytuacjach kryzysu społecznego i militarnego, obejmując identyfikację wzorców ryzyka i czynników kształtujących bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce (z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego KNN, Random Forest i RPart) oraz analizę zmian wskaźników realizacji procesów transportowych w publicznym transporcie zbiorowym aglomeracji warszawskiej po wybuchu wojny na Ukrainie. Istotnym elementem tego podrozdziału jest również systematyzacja modeli matematycznych rozpatrywanych w toku badań wraz z syntetycznym zestawieniem ich zastosowań.

Pracę kończy rozdział czwarty, w którym podsumowano przeprowadzone badania oraz sformułowano wnioski w czytelnym podziale na ogólne, szczegółowe, metodyczne i uytylitarne, a także wskazano kierunki dalszych prac badawczych.

2. OCENA ROZPRAWY

2.1. Uwagi ogólne

Rozprawę cechuje bardzo dobry poziom naukowy. Cykl publikacji jest spójny tematycznie i logicznie uporządkowany. Rozpoczyna się od identyfikacji oraz typologii współczesnych kryzysów, następnie przedstawia modelowanie oddziaływania zakłóceń o różnej genezie na wybrane procesy transportowe. Całość stanowi usystematyzowanie zastosowanych modeli i sformułowanie rekomendacji. Część syntetyczna została

opracowana starannie: prowadzi czytelnika przez kolejne etapy badań, jednoznacznie wiąże publikacje cyklu z problemami i hipotezami szczegółowymi oraz konsekwentnie podsumowuje każdy podrozdział odniesieniem do przyjętych założeń badawczych. Problem badawczy, cel pracy oraz hipotezy zostały sformułowane poprawnie, a przyjęta struktura pracy nie budzi zastrzeżeń. Na pozytywną ocenę zasługuje również uczciwe zdefiniowanie ograniczeń badawczych, co świadczy o dojrzałości metodologicznej Doktoranta.

Krytycznie oceniam natomiast moc dyskryminacyjną części z przyjętych hipotez szczegółowych. W obecnym brzmieniu mają one w znacznej mierze charakter opisowy i ich pozytywna weryfikacja była wysoce prawdopodobna jeszcze przed przystąpieniem do badań. Przykładowo w HS2 zawarto zapis: „kryzysy zdrowotne o podłożu epidemicznym prowadzą do spadku liczby przewożonych pasażerów (...) a skala załamania jest zróżnicowana pomiędzy gałęziami”, który stwierdza fakty powszechnie znane i wielokrotnie udokumentowane w literaturze przed podjęciem badań. Analogiczny charakter ma pierwsza część HS3. Trudno wskazać realistyczny wynik badań, który prowadziłby do odrzucenia tych hipotez. Rzeczywisty wkład pracy leży nie w ich „potwierdzeniu”, lecz w kwantyfikacji skali, dynamiki i zróżnicowania zjawisk.

2.2. Uwagi merytoryczne

Pod względem merytorycznym pracę oceniam wysoko. Doktorant wykazał się umiejętnością doboru metod i modeli matematycznych adekwatnych do charakteru analizowanych zjawisk oraz właściwości danych empirycznych. W badaniu zależności długookresowych (P2) poprawnie przeprowadzono weryfikację własności stochastycznych szeregów czasowych trzema testami stacjonarności. Dobór rzędu opóźnień przeprowadzono w oparciu o kryteria informacyjne oraz testy kointegracji, a interpretację macierzy obciążeń i funkcji odpowiedzi impulsowej wykonano rzetelnie. W analizach dotyczących kryzysu zdrowotnego (P3, P4) na uznanie zasługuje zastosowanie jednolitej procedury modelowania dla wszystkich rozpatrywanych rynków krajowych, co zapewniło porównywalność wyników. Dodatkowo zaproponowano mierzalne wskaźniki strat przewozowych i stopnia osiągnięcia poziomu referencyjnego, które pozwalają na ilościową ocenę odporności rynku na zakłócenia. Wysokie miary dopasowania opracowanych modeli (m.in. wartości MAPE nieprzekraczające 2% oraz współczynniki determinacji powyżej 0,98 w publikacji P3) potwierdzają poprawność warsztatową prowadzonych analiz. W publikacji P5 właściwie zidentyfikowano ograniczenia modeli uczenia maszynowego wynikające z

niezrównoważonego charakteru zbioru danych o zdarzeniach drogowych, co Doktorant uczciwie omówił. Wskazał także warunki pełniejszego wykorzystania tych narzędzi.

Za szczególnie wartościowy element rozprawy uznaję konsekwentne łączenie wyników modelowania z rekomendacjami o charakterze aplikacyjnym, kierowanymi do organów administracji publicznej, organizatorów transportu, przewoźników i zarządców infrastruktury. Propozycje te wynikają wprost z uzyskanych rezultatów badawczych i nadają pracy wyraźny wymiar praktyczny. Dotyczyły one m.in. mechanizmów fiskalnych powiązanych ze zużyciem energii i emisyjnością transportu, utrzymywania strategicznej siatki połączeń krajowych w transporcie lotniczym, wielostopniowych procedur reagowania w transporcie kolejowym czy monitorowania struktury sprzedaży biletów w transporcie miejskim.

Przeprowadzone rozważania teoretyczne i uzyskane wyniki badań są przekonujące i potwierdzają postawioną w pracy hipotezę główną oraz hipotezy szczegółowe. Jednocześnie wyniki analizy skłaniają do sformułowania kilku uwag o charakterze dyskusyjnym i porządkującym, które przedstawiono w części „Uwagi szczegółowe”. Wybrane zagadnienia proponuję rozwinąć podczas publicznej obrony.

2.3. Elementy nowości naukowej

Doktorant podjął się zadania trudnego, wymagającego integracji analiz odnoszących się do odmiennych typów kryzysów i zróżnicowanych procesów transportowych przy zachowaniu spójnej perspektywy badawczej. Tego typu całościowe ujęcia są w literaturze podejmowane rzadko, stąd część elementów rozprawy stanowi nowość naukową i ma wpływ na rozwój dyscypliny naukowej, w której realizowana jest niniejsza rozprawa doktorska.

Najważniejsze osiągnięcia pracy, stanowiące o oryginalnym dorobku Doktoranta to:

1. Opracowanie typologii współczesnych kryzysów oddziałujących na funkcjonowanie transportu, uwzględniającej, obok kryzysów środowiskowych, gospodarczych, zdrowotnych i społecznych, również zagrożenia militarne, wraz z charakterystyką mechanizmów ich oddziaływania na sektor.
2. Autorskie podejście badawcze integrujące analizę różnych typów kryzysów w odniesieniu do procesów transportowych, przy zastosowaniu porównywalnych założeń i adekwatnie dobranych modeli matematycznych, co pozwoliło na przewyższenie fragmentaryczności dotychczasowego stanu wiedzy.

3. Ilościowa ocena odporności procesów transportowych, obejmująca m.in. szacowanie strat przewozowych oraz stopnia osiągnięcia referencyjnego poziomu przewozów względem prognoz opartych na danych sprzed wystąpienia zakłócenia.
4. Identyfikacja stabilnych, długookresowych zależności pomiędzy zużyciem energii końcowej w transporcie, emisjami CO₂ z transportu oraz dochodami budżetu państwa w Polsce, wraz z oceną rozłożonej w czasie dynamiki wzajemnych oddziaływań.
5. Porównawcza ocena użyteczności modeli SARIMA, Holta–Wintersa i dekompozycji STL w analizie ruchu pasażerskiego zakłóconego kryzysem zdrowotnym oraz systematyzacja modeli matematycznych rozpatrywanych w toku badań wraz z zestawieniem ich zastosowań w zależności od typu kryzysu.
6. Wykazanie odmiennego charakteru oddziaływania kryzysu zdrowotnego i militarnego na publiczny transport zbiorowy w aglomeracji warszawskiej oraz identyfikacja powtarzalnych wzorców ryzyka i czynników kształtujących bezpieczeństwo ruchu drogowego w Polsce z wykorzystaniem algorytmów uczenia maszynowego.
7. Sformułowanie, na podstawie wyników modelowania, rekomendacji i propozycji rozwiązań ukierunkowanych na wzmacnianie odporności sektora transportu, o wyrażonym potencjale wdrożeniowym. Uzyskane zależności mogą być wykorzystane przy projektowaniu nowych sieci transportowych zarówno w infrastrukturze krajowej, jak i zagranicznej.

2.4. Uwagi szczegółowe

Rozprawa jest starannie opracowana pod względem redakcyjnym i edytorskim, a stosowana terminologia jest poprawna i konsekwentnie przestrzegana. Poniższe uwagi mają w przeważającej mierze charakter dyskusyjny lub stanowią alternatywne podejście do zagadnienia i nie obniżają mojej ogólnej, pozytywnej oceny pracy:

1. W rozprawie autor porządkuje zastosowane modele matematyczne oraz ich funkcje w analizie poszczególnych typów kryzysów. Uzupełnieniem tego ujęcia mogłoby być zestawienie pokazujące, w jaki sposób wyniki poszczególnych analiz prowadzą do oceny odporności badanych procesów transportowych. Zapewniłoby to większą przejrzystość porównania ustaleń odnoszących się do różnych procesów i rodzajów zakłóceń w sektorze transportu.
2. Praca obejmuje analizy prowadzone na różnych poziomach – od całego sektora transportu, przez poszczególne gałęzie i rynki przewozowe, po system publicznego transportu zbiorowego w aglomeracji warszawskiej. W części syntetycznej

- pomocne byłoby zestawienie tych poziomów, np. w formie tabeli lub schematu, wskazujące zakres poszczególnych badań oraz poziom, do którego odnoszą się wnioski dotyczące odporności.
3. Porównanie modeli SARIMA, Holta-Wintersa i STL w publikacji dotyczącej ruchu pasażerskiego w polskich portach morskich stanowi wartościowy element całego cyklu. Jednakże można byłoby bardziej klarownie wskazać hierarchię kryteriów decydujących o wyborze modelu preferowanego, zwłaszcza wobec różnic w wartościach metryk błędów i kryteriów informacyjnych, a także w użyteczności interpretacyjnej poszczególnych podejść.
 4. W publikacji P5 zaznaczono, że relacja między kryzysami a transportem ma charakter dwukierunkowy polegający na tym, że nie tylko konkretne zdarzenia mogą prowadzić do zakłóceń w procesach transportowych, ale również sam transport może być czynnikiem nasilającym określone zjawiska kryzysowe. W części syntetycznej rozprawy warto byłoby wyraźniej wykorzystać to rozróżnienie przy zestawianiu wyników poszczególnych badań.
 5. Rozprawa zawiera szereg rekomendacji o wyraźnym potencjale praktycznym, które są kierowane m.in. do organów administracji publicznej, organizatorów transportu, przewoźników, zarządców infrastruktury. Ich odbiór byłby łatwiejszy, gdyby w końcowej części pracy zostały zbiorczo zestawione według głównych grup adresatów wraz ze wskazaniem zakresu działań, co wzmocniłoby aplikacyjny wymiar rozprawy doktorskiej.

3. KWESTIE DO OMÓWIENIA PODCZAS PUBLICZNEJ OBRONY

Wskazane poniżej zagadnienia mają charakter dyskusyjny i proponuję je rozwinąć podczas publicznej obrony rozprawy:

1. Które z rozwiązań przedstawionych w publikacji P1 mają, zdaniem Doktoranta, największy potencjał wzmacniania odporności transportu wobec różnych typów kryzysów i z czego wynika ich uniwersalność?
2. Jak z perspektywy funkcjonowania i rozwoju sektora transportu w Polsce należy interpretować wykazane w publikacji P2 długookresowe powiązania energetyczne, emisyjne i budżetowe?
3. Które cechy polskiego rynku lotniczego, w porównaniu z rynkami pozostałych badanych państw, w największym stopniu sprzyjały jego odbudowie po pandemii i jakie miały znaczenie dla odporności tego rynku?

4. Jakie podobieństwa i różnice w zastosowaniu modeli SARIMA, Holta–Wintersa oraz dekompozycji STL można wskazać w analizie i prognozowaniu ruchu pasażerskiego w polskich portach morskich podczas kryzysu zdrowotnego?
5. Jakie, według Doktoranta, cechy zmian popytu na przewozy powinni szczególnie uwzględniać organizatorzy publicznego transportu zbiorowego przy przygotowywaniu działań na wypadek gwałtownych zmian potrzeb przewozowych?
6. Jakie znaczenie dla całościowej interpretacji wyników rozprawy ma połączenie analizy długookresowych zależności w sektorze transportu z modelowaniem nagłych zakłóceń procesów transportowych wywołanych współczesnymi kryzysami?

4. PODSUMOWANIE

Na podstawie analizy treści stwierdzam, że oceniana praca mieści się w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie naukowej ***inżynieria lądowa, geodezja i transport***.

Temat dysertacji jest ważny i aktualny oraz dotyczy analizy wpływu odporności procesów transportowych na zakłócenia wywoływane współczesnymi kryzysami. Poruszana problematyka badawcza ma fundamentalne znaczenie dla stabilnego funkcjonowania gospodarki i społeczeństwa. Natomiast w literaturze, w ujęciu integrującym różne typy kryzysów przy zachowaniu spójnej perspektywy badawczej nie jest opisana dostatecznie. Zadanie, którego podjął się Doktorant, należy do trudnych, bowiem jego realizacja wymagała wykorzystania obszernego zakresu wiedzy teoretycznej z pogranicza inżynierii transportu, ekonometrii i analizy danych oraz przeprowadzenia rzetelnych badań z zastosowaniem zróżnicowanych modeli matematycznych, każdorazowo dostosowanych do charakteru analizowanego zjawiska i właściwości danych empirycznych. Podjęcie się tak złożonego zadania uważam za wartość dodaną pracy.

W przedstawionym zadaniu naukowym Doktorant wykazał się samodzielnością w formułowaniu oryginalnych problemów badawczych i ich rozwiązywaniu oraz umiejętnością prowadzenia badań z wykorzystaniem nowoczesnego, interdyscyplinarnego warsztatu naukowego, co dodatkowo potwierdza obszerny i dobrze punktowany dorobek publikacyjny. Przeprowadzone rozważania i uzyskane wyniki badań są przekonujące oraz potwierdzają postawione w pracy hipotezy. Pod względem metodologicznym pracę uznaję za prawidłową. Autor potwierdził umiejętność formułowania hipotez, syntezy prowadzonych badań w sposób uporządkowany i metodyczny, a także prawidłowe podejście do interpretacji wyników. Formułuje także prawidłowo wnioski i potrafi je

prawidłowo sklasyfikować. Zawarte w recenzji uwagi krytyczne nie wpływają na moją ogólną, bardzo pozytywną ocenę pracy. Należy zaznaczyć równocześnie, że uwagi te mają charakter dyskusyjny lub wyjaśniający albo stanowią alternatywne podejście do zagadnienia.

W podsumowaniu stwierdzam, że rozprawa doktorska **kpt. mgr. inż. Sebastiana Sobczuka** pt.: „**Badanie odporności procesów transportowych na zakłócenia współczesnych kryzysów**”, stanowiąca cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych, spełnia wymagania stawiane rozprawom doktorskim, określone w art. 187 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.). Stawiam zatem wniosek o dopuszczenie kpt. mgr. inż. Sebastiana Sobczuka do publicznej obrony ocenianej dysertacji.



dr hab. inż. Andrzej Ziółkowski, prof. PP