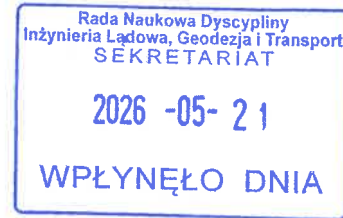


Przyjmuje się pod względem
formalnym
21.05.2026 /18

Szczecin, 20.05.2026 r.

prof. dr hab. inż. Zbigniew Pietrzykowski
Politechnika Morska w Szczecinie
Wydział Informatyki i Telekomunikacji
Wały Chrobrego 1-2
70-500 Szczecin



RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Piotra Kotylaka

**pt. „Zastosowanie dwuwymiarowej struktury wektorowej do opracowania metody
optymalizacji wskaźników ekonomicznych operatorów infrastruktury ładowania EV”**

Podstawa prawna oceny oraz obowiązujące kryteria oceny

1. Uchwała Nr 213/2026 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Ładowa, Geodezja i Transport z dnia 10 marca 2026 r. w sprawie powołania komisji doktorskiej w postępowaniu w sprawie nadania stopnia doktora Panu mgr. inż. Piotrowi Kotylakowi w związku z Uchwałą nr 44/LI/2024 Senatu PW z dnia 18 grudnia 2024 r. w sprawie wyboru członków Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Ładowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej na kadencję 2026-2028, z późniejszymi zmianami.
2. Przepisy prawa: Ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, (Dz.U. 2024 r., poz. 1571), art. 186 i art. 187 ust. 1-2, który definiuje kryteria oceny:
 - a. „Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną kandydata w dyscyplinie albo dyscyplinach oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej”.
 - b. „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”.

1. Ogólna charakterystyka rozprawy

Recenzowana rozprawa doktorska stanowi monografię naukową. Praca liczy 199 stron, z tego 179 stron tekstu zasadniczego. Składa się ze streszczenia w języku polskim i angielskim, wstępu, dziewięciu rozdziałów, bibliografii, spisu rysunków i spisu tabel. Załączona bibliografia liczy 86 pozycji, wśród nich dwa artykuły współautorskie Doktoranta.

Przedmiotem rozprawy są zagadnienia optymalizacji wybranych wskaźników ekonomicznych stacji ładowania pojazdów elektrycznych do wspomagania decyzji operatorów infrastruktury ładowania. Powyższa tematyka ma istotne znaczenie ze względu na wpływ zmieniających się warunków otoczenia, np. rynkowych i technicznych, na wynik ekonomiczny stacji.

Problematyka ta wiąże się ściśle z rozwojem elektromobilności, której istotnym filarem jest infrastruktura ładowania i magazynowania energii. Ekonomiczne wskaźniki stacji ładowania pozwalają ocenić opłacalność modeli biznesowych dotyczących m.in. bieżącej eksploatacji, rozbudowy czy modernizacji stacji. Są pomocne przy podejmowaniu decyzji operacyjnych i biznesowych w tym zakresie.

Doktorant zaproponował metodę wspomagania decyzji operacyjnych i biznesowych operatorów stacji ładowania, umożliwiającą ocenę wpływu zmienności warunków otoczenia na wskaźniki: marżę i wykorzystanie infrastruktury stacji w odpowiedzi na zmienność otoczenia.

2. Ocena prezentowanej w rozprawie doktorskiej ogólnej wiedzy teoretycznej Doktoranta w dyscyplinie naukowej inżynieria ładowa, geodezja i transport

Doktorant poddał wnikliwej analizie aktualne uwarunkowania rynkowe oraz dominujące trendy w obszarze infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych z uwzględnieniem zróżnicowania rynków światowych na podstawie adekwatnej literatury przedmiotu zgodnie z wykazem zamieszczonym w bibliografii. Na tej podstawie wykazał brak zintegrowanych narzędzi analitycznych umożliwiających jednoczesną ocenę wpływu wielu dynamicznych czynników na marżę jednostkową i wykorzystanie infrastruktury stacji. Wskazana przez Doktoranta luka badawcza była uzasadnieniem dla podjęcia przez niego badań w tym zakresie. Doktorant zidentyfikował problem badawczy, zdefiniował cel główny i cele cząstkowe, sformułował tezę pracy oraz sprecyzował zakres badań. Następnie, na podstawie źródeł literaturowych, zidentyfikował i usystematyzował czynniki mające wpływ na efektywność ekonomiczną stacji ładowania pojazdów elektrycznych w sześciu obszarach: konkurencyjności, popytu, kosztów, technologii i infrastruktury, marketingu i produktów oraz makroekonomii i uwarunkowań regulacyjnych. Przyjął, że wymienione grupy czynników stanowią zmienne wejściowe wpływające na efektywność funkcjonowania stacji. Po ich analizie zidentyfikował dwadzieścia wybranych elementarnych czynników wpływu. Określił je jako parametry wpływu i zdefiniował ich atrybuty. Sformułował zależności funkcyjne (funkcje modelujące) dla każdego z parametrów wpływu ze zdefiniowanymi atrybutami jako argumentami i nazwał je funkcjami modulującymi. Za wskaźniki ekonomiczne stacji ładowania przyjął marżę M i poziom wykorzystania infrastruktury U . Na tej podstawie zaproponował i opracował model wektorowy w przestrzeni dwuwymiarowej o współrzędnych reprezentujących marżę i poziom wykorzystania infrastruktury, opisane odpowiednimi funkcjami modulującymi. Zbudował algorytm obliczeniowy oparty na opracowanej strukturze wektorowej, w tym sposób normalizacji parametrów do wspólnej przestrzeni decyzyjnej i agregacji wektorów wpływu w postaci wektora wypadkowego. Doktorant zaimplementował algorytm tworząc autorską aplikację symulacyjną. Przygotował i zrealizował scenariusze symulacyjne dla obserwacji zmian marży i wykorzystania infrastruktury w czasie. Oceniał zachowanie modelu, jego stabilność oraz wrażliwość na zmiany danych wejściowych. Przeprowadził badania symulacyjne, przedstawił wyniki symulacji, zidentyfikował ograniczenia modelu i potencjalne źródła błędów. Scharakteryzował wymiary poznawczy i użytkowy opracowanej metody jako narzędzia wspomagania decyzji operatorów infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Wskazał możliwe kierunki dalszych badań.

Tym samym Doktorant przedstawił kompleksowo zagadnienia optymalizacji wskaźników ekonomicznych stacji ładowania pojazdów elektrycznych do wspomagania decyzji operatorów infrastruktury ładowania.

Uważam, iż oceniana rozprawa prezentuje wysoki poziom ogólnej wiedzy Doktoranta w obszarach analizy, modelowania i optymalizacji wskaźników ekonomicznych

infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych, które są przedmiotem badań dyscypliny naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport.

3. Ocena umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta na podstawie przedłożonej rozprawy doktorskiej.

W ocenie umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta uwzględniono:

- 1) zasadność podjętej tematyki badawczej,
- 2) umiejętność krytycznej analizy literatury przedmiotu i znajomość stanu wiedzy w danej dyscyplinie naukowej,
- 3) umiejętność definiowania problemu badawczego, celu i zakresu podjętych badań oraz formułowania tezy/hipotezy pracy,
- 4) trafność przyjętej metodyki badań, w tym doboru metod naukowych adekwatnych do postawionych celów i ustalenia ich kolejności zastosowania,
- 5) umiejętność projektowania eksperymentów odpowiednich do postawionego problemu badawczego i ich realizacji,
- 6) umiejętność dowodzenia tezy, a w przypadku postawienia hipotezy badawczej – jej weryfikacji,
- 7) umiejętność krytycznej oceny wyników badań, identyfikacji ograniczeń i potencjalnych źródeł błędów.

Ad 1. Podjęta przez Doktoranta tematyka badawcza wynika z obserwowanego szybkiego rozwoju elektromobilności. Efektywne zarządzanie infrastrukturą ładowania i magazynowania energii umożliwia obniżenie kosztów inwestycji i eksploatacji stacji ładowania, redukcję kosztów energii dla konsumentów i przedsiębiorstw, minimalizację obciążenia sieci i skrócenie czasu ładowania użytkowników, służy stabilizacji sieci elektroenergetycznej a także zmniejszeniu śladu węglowego. Powyższe uzasadnia tematykę badawczą podjętą przez Doktoranta.

Ad 2. Doktorant przeprowadził kompleksową analizę uwarunkowań rynkowych dotyczących infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych w oparciu o aktualną literaturę przedmiotu. Wykazał brak zintegrowanych narzędzi analitycznych umożliwiających jednoczesną ocenę wpływu wielu dynamicznych czynników na marżę jednostkową i wykorzystanie infrastruktury stacji. W ten sposób wykazał się umiejętnością krytycznej analizy literatury przedmiotu i znajomością stanu wiedzy w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

Ad 3. Doktorant przyjął zidentyfikowaną lukę badawczą jako problem badawczy wymagający rozwiązania. Za cel pracy postawił opracowanie metody wspomagania decyzji operacyjnych i biznesowych operatorów infrastruktury ładowania EV, pozwalającej na ocenę wpływu zmiennych warunków otoczenia na marżę i wykorzystanie infrastruktury stacji. Zdefiniował cele cząstkowe i zakres badań oraz sformułował tezę pracy. Zidentyfikowany problem badawczy, zdefiniowane cel główny, cele cząstkowe, zakres pracy oraz sformułowaną tezę pracy uważam za uzasadnione.

Ad 4. Doktorant zdefiniował etapy badawcze niezbędne do realizacji celu rozprawy i uzasadnił je. Stanowią one ciąg metod składających się na metodykę badawczą

zastosowaną w rozprawie. Uznaję zastosowane przez Doktoranta metody badawcze oraz kolejność ich użycia za trafne.

Ad 5. Doktorant przygotował i przeprowadził eksperyment badawczy z wykorzystaniem opracowanego modelu symulacyjnego, stanowiącego implementację komputerową algorytmu obliczeniowego wyznaczenia wektora wypadkowego dwuwymiarowego modelu wektorowego wskaźników ekonomicznych marży i poziomu wykorzystania infrastruktury. Zrealizował zaprojektowane scenariusze symulacyjne. Na tej podstawie przeprowadził ocenę skumulowanego oddziaływania wszystkich parametrów na oba analizowane wskaźniki efektu decyzji operatora. Powyższe potwierdza umiejętność projektowania eksperymentów odpowiednich do postawionego problemu badawczego i ich realizacji przez Doktoranta.

Ad 6. Postawioną w rozprawie tezę pracy:

„Zastosowanie dwuwymiarowego modelu wektorowego do formalnej reprezentacji wpływu czynników egzogenicznych i endogenicznych na marżę handlową oraz wykorzystanie infrastruktury stacji ładowania EV umożliwia opracowanie algorytmu symulującego superpozycję ich oddziaływania w czasie i wyznaczającego trajektorię stanów ekonomicznych stacji, stanowiąc podstawę do wspierania decyzji biznesowych operatora”

Doktorant udowodnił przeprowadzając symulacje z wykorzystaniem przygotowanych scenariuszy (symulacje scenariuszowe) oraz symulacje dla scenariuszy hybrydowych (symulacje hybrydowe). Doktorant wykazał poprawność kierunków oddziaływania kluczowych czynników na marżę i wykorzystanie infrastruktury oraz cykliczność dobową popytu i wykorzystania infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych. Tym samym wykazał umiejętność dowodzenia tezy rozprawy.

Ad 7. Na podstawie przeprowadzonych badań symulacyjnych Doktorant zidentyfikował ograniczenia metody związane z ryzykiem wejścia w stan saturacji (nasycenia) oraz nadmiernego wzmocnienia sygnałów częściowo skorelowanych, wynikające z addytywnego charakteru agregacji wektorów. Proponowanym rozwiązaniem może być dalsza kalibracja modelu i dopracowanie sposobu kumulacji wyników. Potwierdza to umiejętność krytycznej oceny wyników badań, identyfikacji ograniczeń i identyfikacji potencjalnych źródeł błędów przez Doktoranta. Podsumowując, oceniam rozprawę doktorską jako prezentującą umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Doktoranta.

4. Ocena oryginalności rozwiązania problemu naukowego

Do głównych osiągnięć Doktoranta zaliczam:

- przeprowadzenie krytycznej analizy uwarunkowań ekonomicznych funkcjonowania infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych (EV),
- identyfikację luki badawczej w postaci braku zintegrowanego narzędzia analitycznego umożliwiającego jednoczesne uwzględnienie wielu dynamicznych czynników oddziałujących nieliniowo na wskaźniki marży i wykorzystania infrastruktury.
- identyfikację i formalizację czynników wpływu w postaci parametrów modelu opisanych atrybutami ilościowymi, ich miar oraz zależności między nimi, co umożliwiło ich implementację w środowisku symulacyjnym,
- interpretację wektorową wpływów poszczególnych parametrów,

- opracowanie modelu wektorowego w przestrzeni dwuwymiarowej o współrzędnych reprezentujących marżę i poziom wykorzystania infrastruktury, opisane odpowiednimi funkcjami modulującymi,
- budowę algorytmu obliczeniowego opartego na opracowanej strukturze wektorowej, w tym sposób normalizacji parametrów do wspólnej przestrzeni decyzyjnej i agregacji wektorów wpływu w postaci wektora wypadkowego,
- implementację prototypowego środowiska symulacyjnego, pozwalającego na podstawie przygotowanych scenariuszy na wizualizację i analizę wpływu poszczególnych parametrów na marżę i wykorzystanie infrastruktury
- walidację modelu,
- określenie wymiarów poznawczego i utylitarnego opracowanej metody jako narzędzia wspomagania decyzji operatorów infrastruktury ładowania pojazdów elektrycznych.

Do elementów nowości o charakterze poznawczym i utylitarnym zaliczam:

- identyfikację i formalizację czynników oddziałujących nieliniowo na wskaźniki marży i wykorzystania infrastruktury,
- interpretację wektorową wpływów poszczególnych parametrów na efektywność ekonomiczną stacji ładowania pojazdów elektrycznych,
- opracowanie modelu wektorowego w przestrzeni dwuwymiarowej o współrzędnych reprezentujących marżę i poziom wykorzystania infrastruktury, opisane odpowiednimi funkcjami modulującymi,
- budowę algorytmu obliczeniowego opartego na opracowanej strukturze wektorowej,
- implementację prototypowego środowiska symulacyjnego.

Przedłożoną rozprawę doktorską oceniam jako oryginalną o dużym potencjale badawczym i wdrożeniowym.

5. Uwagi do pracy

• Uwagi ogólne

Cel, zakres i teza badawcza zdefiniowane zostały poprawnie. Zastrzeżenia budzi sformułowanie problemu badawczego, przedstawionego opisowo z pominięciem standardowego sposobu jego formułowania w postaci pytania wymagającego rozstrzygnięcia.

Przedmiotem rozważań w rozdziale trzecim są czynniki mające wpływ na efektywność ekonomiczną stacji ładowania. Doktorant analizuje poszczególne publikacje literaturowe, w których analizowano podobne zagadnienia. Wartościowe byłoby zestawienie porównawcze czynników wpływających na efektywność tych stacji. Przykładowo mogłaby to być tabela zawierająca pozycje: czynnik, znaczenie, źródła literaturowe.

Doktorant przyjął w rozdziale trzecim określoną kolejność opisu poszczególnych czynników wpływających na wymienioną wyżej efektywność ekonomiczną stacji. Tymczasem w rozdziale czwartym przy opisie parametrów wpływu nie zachowuje wcześniej przyjętego podziału (kolejności) według obszarów/kategorii, co utrudnia studiowanie pracy.

Doktorant używa w pracy dwóch pojęć bliskoznacznych: „funkcja modelująca” i „funkcja modulująca”. Dotyczy to głównie rozdziału piątego. Pojęć tych doktorant nie zdefiniował, stąd czytelnik może domniemywać, że Doktorant używa je zamiennie.

Doktorant przeprowadził w rozdziale ósmym weryfikację modelu wektorowego wskaźników ekonomicznych marży i poziomu wykorzystania infrastruktury podstawie badania stabilności modelu i wrażliwości na szum (6 scenariuszy testowych). Weryfikacja mogłaby być uzupełniona porównaniem z innymi modelami prognostycznymi opartymi np. na metodzie AHP (Analytic Hierarchy Process).

- **Uwagi szczegółowe**

Rozprawa napisana jest starannie. Doktorant nie uniknął jednak pojedynczych błędów i niedociągnięć edycyjnych, językowych i piśmienniczych, np. „kontynuacje prac” (str. 5), „wWygoda” (str. 62).

Stwierdzam, że sformułowane w recenzji rozprawy uwagi nie umniejszają znaczenia dorobku Doktoranta.

6. Wniosek końcowy

Doktorant mgr inż. Piotr Kotylak wykazał się niezbędną wiedzą w zakresie dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, rzetelnością badawczą, oryginalnością rozwiązania problemu naukowego oraz przygotowaniem do samodzielnej pracy naukowej.

Przedstawiona do oceny rozprawa doktorska pt. „Zastosowanie dwuwymiarowej struktury wektorowej do opracowania metody optymalizacji wskaźników ekonomicznych operatorów infrastruktury ładowania EV” spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim w art. 187 ust. 1 i ust. 2 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2024 r., poz. 1571).

Stawiam wniosek o przyjęcie i dopuszczenie rozprawy mgr. inż. Piotra Kotylaka do publicznej obrony przed Radą Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.



Signed by /
Podpisano przez:

Zbigniew Antoni
Pietrzykowski

Date / Data: 2026-
05-21 05:06