

Katowice, 28.04.2026

prof. dr hab. inż. Piotr Czech

Politechnika Śląska
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej



Recenzja

rozprawy doktorskiej mgra inż. Piotra Kotylaka

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgra inż. Piotra Kotylaka pt.:

*Zastosowanie dwuwymiarowej struktury wektorowej do opracowania metody optymalizacji
wskaźników ekonomicznych operatorów infrastruktury ładowania EV,*

napisanej pod kierunkiem naukowym prof. dr hab. inż. Marianny Jacyny.

Recenzję opracowałem na prośbę Przewodniczącej Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej, dr hab. inż. Katarzyny Osińskiej-Skotak, prof. uczelni, zgodnie z *Uchwałą nr 212/2026 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 10.03.2026 r. w sprawie wyznaczenia recenzentów rozprawy doktorskiej.*

1. Uwagi wstępne – wybór tematyki badań, celu i tezy pracy

Patrząc na historię, transport towarzyszy człowiekowi od początku rozwoju cywilizacyjnego. Nie da się ukryć, że był, jest i z pewnością będzie jednym z ważniejszych i najszybciej rozwijających się działów wielu światowych gospodarek. To właśnie dzięki niemu możliwe jest m.in. zaspokajanie potrzeb społeczeństwa. Ostatnie lata charakteryzują się jego ciągłym rozwojem odbywającym się w sposób niezwykle dynamiczny. Jest to spowodowane dzisiejszym tempem życia, wzrostem zapotrzebowania transportowego, wciąż pojawiającymi się nowymi wyzwaniem z zaspokojeniem potrzeb człowieka. Nie ulega wątpliwości, że na tę sferę ogromny wpływ mają aspekty dotyczące ochrony

środowiska naturalnego, wyczerpywania surowców naturalnych i poszukiwania ich zamienników, czy też opracowywania nowych technologii. Właśnie te czynniki były główną podstawą rozpoczęcia dyskusji, a obecnie rozwoju w szerokim zakresie, na temat elektromobilności. Jest ona wybrana przez międzynarodowe środowisko naukowe, ale też organizacje rządowe, jako jedna z możliwych alternatyw na istnienie ekologicznego transportu. Poparcie tego wniosku można znaleźć w licznych dokumentach o charakterze międzynarodowym, unijnym i krajowym dotyczącym strategii na przyszłość, czy też wprowadzanych regulacji i przepisów prawnych.

Spośród licznych zagadnień z tej tematyki Doktorant postanowił zagłębić się w kwestie dotyczące zarządzania infrastrukturą ładowania (drogowych) pojazdów elektrycznych. Niezwykle istotnym jest tutaj konieczność zwrócenia uwagi na wysoki wpływ otoczenia i jego dynamiczny charakter. Z punktu widzenia zarządzania, z uwzględnieniem podstawowych zasad biznesowych skupiających się na osiąganiu zysku na odpowiednim poziomie, niezwykle trudnym jest podejmowanie odpowiednich decyzji we właściwym czasie. Co niezwykle istotne, podejmowane decyzje dotyczą aktualnej sytuacji, ale muszą uwzględniać szacowane wyniki w perspektywie długookresowej, co z kolei wynika z wysokich kosztów wstępnych inwestycji, której pokrycie jest możliwe tylko w takiej perspektywie czasowej. Fakt silnego wpływu otoczenia, w tym dynamicznie zmieniającej się sytuacji geopolitycznej na świecie, wymaga podejmowania częstych decyzji w krótkim czasie.

W związku z tym, za cel rozprawy doktorskiej wskazano *opracowanie metody wspomagania decyzji operacyjnych i biznesowych operatorów infrastruktury ładowania EV, umożliwiającej ocenę wpływu wybranych parametrów na marżę i wykorzystanie infrastruktury stacji w odpowiedzi na zmienność warunków otoczenia.*

Na podstawie założonego celu rozprawy, sformułowano tezę mówiącą, że *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 wspomagania decyzji biznesowych operatora.*

Żeby zrealizować postawiony sobie cel Doktorant określił następujące zadania do wykonania:

- analiza literatury przedmiotu;

- identyfikacja problemu i luki badawczej;
- analiza istniejących modeli decyzyjnych;
- identyfikacja kluczowych czynników wpływu;
- formalizacja czynników w postaci parametrów;
- normalizacja i skalowanie parametrów;
- opracowanie modelu wektorowego 2D;
- projekt algorytmu obliczeniowego;
- implementacja komputerowa algorytmu;
- przeprowadzenie symulacji scenariuszowych;
- weryfikacja tezy rozprawy;
- ocena użyteczności metody;
- określenie wniosków i kierunków dalszych badań.

Cel rozprawy oraz wyszczególnione zadania zostały zaplanowane do zrealizowania w precyzyjnie wyznaczonych zakresach przedmiotowym (biznesowa analiza funkcjonowania komercyjnych stacji ładowania pojazdów elektrycznych, ze szczególnym uwzględnieniem zależności pomiędzy marżą jednostkową operatora a wskaźnikiem wykorzystania posiadanej infrastruktury), podmiotowym (operatorzy infrastruktury ładowania, prowadzący działalność komercyjną bazując na sieci stacji ładowania prądem stałym i przemiennym lekkich pojazdów drogowych o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony), przestrzennym (warunki funkcjonowania na rynku europejskim i USA, przy uwzględnieniu regulacji i specyfiki taryf dystrybucyjnych), technologicznym (typowe konfiguracje stosowane w nowo budowanych i modernizowanych punktach ładowania prądem stałym i przemiennym, zasilanych z sieci dystrybucyjnych), czasowym (lata 2015-2025, odpowiadające okresowi intensywnego rozwoju infrastruktury ładowania) i metodologicznym (identyfikacja parametrów, opracowanie logiki obliczeniowej, uzyskanie prototypu rozwiązania praktycznego, dla którego możliwa jest implementacja i weryfikacja w środowisku symulacyjnym).

Dokonany przez Doktoranta przegląd literatury, jak również doświadczenie wynikające z praktyki, jednoznacznie potwierdzają trafność wyboru przeprowadzenia badań we wskazanej tematyce. Warto zwrócić tutaj uwagę na fakt, że wyniki pracy mogą bezpośrednio wpłynąć na poprawę aktualnego stanu wiedzy i stosowanej praktyki.

2. Ogólna charakterystyka rozprawy doktorskiej – struktura pracy

Przedstawiona do oceny rozprawa została spisana na 201 stronach. Po streszczeniu i słowach kluczowych w języku polskim i angielskim zamieszczono spis treści. Zasadnicza rozprawa składa się ze wstępu oraz 9 rozdziałów, których same nazwy jednoznacznie wskazują, że podział ten jest logiczny i właściwy. Pracę kończy bibliografia oraz spisy zawartych w niej rysunków i tabel.

We wstępie w syntetyczny sposób przedstawiono warunki w jakich aktualnie odbywa się rozwój rynku elektromobilności. Zwrócono szczególną uwagę na dużą zmienność różnego typu czynników, oraz wskazano te, na które powinno się zwracać uwagę w trakcie podejmowania decyzji kształtującej końcową cenę dostarczanej energii elektrycznej. Zasugerowano wykorzystanie modelu wektorowego jako narzędzia mogącego być wsparciem dla operatorów punktów ładowania w podejmowaniu decyzji o charakterze biznesowym. Praktyczną implementacją może być aplikacja dająca możliwość przeprowadzenia symulacji skutków różnych scenariuszy. W założeniach, symulacje mogą charakteryzować odmienne łańcuchy decyzji związanych m.in. z polityką cenową, czy promocyjną, czy też założeniami w zakresie popytu, ograniczeń w dostępie mocy przyłączeniowej, a także uwarunkowań technologicznych i innych czynników mających wpływ na funkcjonowanie infrastruktury. Przyjęte scenariusze mogą przykładowo przyjmować agresywną politykę cenową wobec konkurencji, politykę zrównoważonego rozwoju, czy też politykę maksymalizującą zysk i skracającą czas zwrotu inwestycji. W efekcie będzie możliwa predykcja wskaźników ekonomicznych stacji ładowania w założonej perspektywie czasowej, przy założonym celu. Założono, że przestrzeń uzyskanych wyników zostanie opisana dwoma parametrami, w postaci marży oraz poziomu wykorzystania infrastruktury. Marża jest tutaj rozumiana jako cena usługi handlowej będącej różnicą między ceną zakupu a ceną sprzedaży, która jest przeznaczona na pokrycie kosztów handlowych i osiągnięcie zysku. Jest to zgodne z definicją stosowaną przez Główny Urząd Statystyczny.

Wskazano, że efektem przeprowadzonych badań będzie opracowanie modelu wektorowego charakteryzującego uwarunkowania konkurencyjne, popytowe, kosztowe, techniczne i marketingowe, jak również ich skumulowany wpływ na kluczowe wskaźniki ekonomiczne ważne dla operatorów stacji ładowania.

Przytoczono tutaj również cel i tezę rozprawy doktorskiej. Ponieważ jednak w dalszej części rozprawy zostały one nie tylko powtórzone, ale przede wszystkim szczegółowo opisane, podanie ich w tym miejscu i w tej formie wydaje się zabiegiem zbytecznym.

Z kolei skrótowa charakterystyka struktury pracy, wraz z opisem poszczególnych rozdziałów jest jak najbardziej pożądanym zabiegiem. Dzięki temu zainteresowany czytelnik jest w stanie w krótkim czasie odnaleźć informacje, których szuka w niniejszej pracy.

Bazując na wstępie do pracy czytelnik jest także w pełni poinformowany w jakich kolejno etapach badawczych realizowano rozprawę doktorską, oraz jaki finalny efekt użyteczny przyswieszczał Autorowi.

Rozdział pierwszy rozprawy, tak jak sama nazwa wskazuje, stanowi wprowadzenie do podjętej w niej problematyki badawczej. Składa się z trzech podrozdziałów, w których przedstawiono zagadnienia dotyczące istoty i zakresu badanej problematyki, wyzwań i problemów związanych z rozwojem elektromobilności, a także zidentyfikowano istniejącą w literaturze przedmiotu lukę badawczą będącą podstawą do przyjęcia praktycznego problemu na jaki w założeniach mają odpowiedzieć przeprowadzone badania.

W rozdziale drugim zostały zdefiniowane cel, teza oraz zakres rozprawy doktorskiej. Został podzielony na pięć części, w których można znaleźć odpowiedzi na pytania: *dlaczego podjęto się takiej tematyki badawczej, co jest głównym i jakie są cząstkowe cele badawcze, w jakich zakresach porusza się praca, jaką tezę postanowił udowodnić Doktorant, jaki charakter poznawczy ma w założeniach przynieść praca, oraz czy rozprawa wniesie jakieś wnioski o charakterze użytecznym*. W kolejnych rozdziałach Autor pracy stara się zrealizować wszystko to, co zostało nakreślone w tym rozdziale.

W kolejnym rozdziale czytelnik może zaznajomić się z czynnikami mającymi wpływ na efektywność stacji ładowania. Rozdział ten ma typowy charakter przeglądu literaturowego, z którego można dowiedzieć się o aktualnym stanie wiedzy w tym temacie. Został podzielony na osiem spójnych tematycznie części. Oprócz podrozdziału pierwszego mającego charakter wprowadzający, oraz ostatniego będącego swoistym podsumowaniem, kolejne podrozdziały charakteryzują poszczególne czynniki w różnych obszarach, takich jak: konkurencyjność, popyt, koszty, technika i infrastruktura, marketing i produkt, oraz makroekonomia.

Wyszczególnione czynniki wpływu na efektywność działania stacji ładowania zostały zdefiniowane jako zmienne wejściowe do budowanego modelu. W kolejnym kroku na ich podstawie przyjęto poszczególne parametry wpływu (scharakteryzowane przez zestaw zmiennych) wraz z atrybutami (będącymi ich ilościową charakterystyką). Opis tego działania stanowi sedno rozdziału czwartego. Rozdział ten, podobnie jak poprzedni, oprócz podrozdziału wprowadzającego i podsumowującego zawiera osiem tematycznych podrozdziałów.

Bazując na informacjach zawartych w rozdziale trzecim i czwartym pracy, Doktorant zaproponował dwuwymiarowy model wskaźników ekonomicznych stacji ładowania. Został on szczegółowo scharakteryzowany w rozdziale piątym. Składa się on z trzech podrozdziałów. W pierwszym przyjęto założenia dotyczące elementów architektury modelu. Podzielono go na cztery spójne tematycznie części mówiące o założeniach ogólnych, warstwie wejściowej, wektorowej i wyjściowej modelu. Drugi podrozdział stanowi wprowadzenie do procesu ustalenia zależności funkcyjnych obowiązujących w zaproponowanym modelu. Natomiast ostatni podrozdział opisuje nieliniowe funkcje modulujące zastosowane dla przyjętych poszczególnych parametrów wpływu. Stanowi go sześć oddzielnych, ale spójnych tematycznie części odpowiadających kolejnym parametrom wpływu.

Zaproponowany model może być wykorzystany jako algorytm symulacyjny, który został szczegółowo scharakteryzowany w rozdziale szóstym rozprawy. Został on podzielony na dwa podrozdziały, które zawierają opis ogólnych założeń wraz ze słownikiem przyjętych symboli i oznaczeń – pierwszy podrozdział, oraz schemat blokowy wraz z opisem realizacji obliczeń – drugi podrozdział.

Z kolei implementację opracowanego algorytmu w autorską aplikację komputerową szczegółowo opisano w rozdziale siódmym, podzielonym na pięć podrozdziałów. Można tutaj znaleźć szczegółowe informacje dotyczące podstawowej aplikacji (np. opis interfejsu, architektury, modułu obliczeniowego, struktury danych), dodatkowej aplikacji służącej do kontroli danych wejściowych (np. opis interfejsu, architektury, funkcji), oraz zasady związane z przygotowywaniem danych służących do realizacji analizowanych scenariuszy symulacyjnych (np. opis kontroli danych, uruchomienia symulacji, weryfikacji wyników obliczeń).

Proces sprawdzenia działania stworzonych aplikacji przedstawiono w rozdziale ósmym rozprawy, w którym wyodrębniono pięć podrozdziałów. Opisano tutaj w sposób szczegółowy ogólne założenia dotyczące procesu weryfikacji, zdefiniowane sześć scenariuszy oraz zrealizowane dla nich symulacje i analizy wyników, przeprowadzoną analizę wrażliwości i korelacji użytych parametrów.

W ostatnim rozdziale pracy dokonano syntetycznego podsumowania wykonanych badań w ramach opracowanej rozprawy doktorskiej. Autor odniósł się tutaj do założonego celu pracy i przyjętej w niej tezy (pierwszy podrozdział), osiągniętych efektów (drugi podrozdział), oraz kierunków dalszych badań (trzeci podrozdział).

Zasadnicza część dysertacji została zakończona zestawieniem bibliograficznym składającym się z 86 pozycji. Wskazuje ono pozycje krajowe i zagraniczne, zawierające treści teoretyczne i praktyczne, oraz innego typu dokumenty (np. raporty, strategie) dotyczące tematyki wybranej w pracy doktorskiej. W spisie literatury nie zabrakło również pozycji współautorstwa Doktoranta.

Charakterystyka struktury rozprawy doktorskiej jest następująca (rozdział – liczba stron):

- *Wstęp* – 8 stron;
- *Wprowadzenie do problematyki badawczej rozprawy* – 14 stron;
- *Cel, teza i zakres rozprawy* – 10 stron;
- *Czynniki mające wpływ na efektywność stacji ładowania w literaturze przedmiotu* – 18 stron;
- *Ustalenie parametrów wpływu i ich atrybutów dla oceny wskaźników stacji ładowania* – 20 stron;
- *Model wskaźników ekonomicznych stacji ładowania w przestrzeni wektorowej 2D* – 36 stron;
- *Algorytm symulacyjny* – 18 stron;
- *Implementacja komputerowa, symulacja i ocena modelu* – 17 stron;
- *Weryfikacja modelu z zastosowaniem aplikacji komputerowych dla ustalonych scenariuszy symulacyjnych* – 33 strony;
- *Podsumowanie rozprawy* – 6 stron.

Podsumowując charakterystykę struktury pracy, jej kompletności i czytelności, należy uznać spełnienie wymagań stawianym pod tym względem rozprawom doktorskim.

3. Uwagi szczegółowe – merytoryczna ocena

Autor niniejszej rozprawy podjął się próby opracowania narzędzia, które dzięki zastosowaniu zaawansowanych metod i narzędzi analitycznych może wpłynąć na poprawę wskaźnika zyskowności stacji ładowania.

W niniejszej rozprawie za efekt użyteczny wskazano algorytm pozwalający na symulację zmian wartości marży i wykorzystania infrastruktury modelowanej stacji ładowania w czasie. Został on zaimplementowany w autorskiej aplikacji, sprawdzony na założonych scenariuszach symulacyjnych i oceniony bazując na uzyskanych wynikach.

Podstawowy przyczynek stanowiący punkt wyjścia do podjęcia się i realizacji zaplanowanych badań jest brak zintegrowanych narzędzi analitycznych umożliwiających jednoczesną ocenę wpływu wielu dynamicznych czynników na marżę jednostkową i wykorzystanie infrastruktury stacji.

W pracy zauważono, że złożoność czynników wpływających na ostateczny wynik ekonomiczny osiągany przez stacje ładowania mogą doprowadzić do niepożądanych efektów w wyniku błędnych decyzji podejmowanych w dynamicznym środowisku. Za szczególnie trudne wyzwanie Doktorant uważa pogodzenie sprzecznych celów w postaci maksymalizacji marży a utrzymanie wysokiego wykorzystania infrastruktury. Wartym zauważenia jest tutaj fakt, że wskazane w pracy problemy decyzyjne mają charakter interdyscyplinarny i dotyczą także innych sektorów transportu.

Nie ulega wątpliwości, że znaleziona przez Doktoranta luka badawcza i wynikająca z niej bezpośrednio przyczyna podjęcia się tego typu badań zostały w pracy odpowiednio poparte argumentami. Wysunięte na tej podstawie cel, teza i zakres pracy są jak najbardziej trafne.

Wszystko to zostało zrealizowane w taki sposób żeby czytelnik po zapoznaniu się z tymi informacjami w pełni rozumiał istotę podjętego problemu badawczego, jak również nie miał wątpliwości co do praktycznej celowości przeprowadzenia badań w tym zakresie.

Przedstawiona w dysertacji analiza literaturowa jest przeprowadzona w sposób kompletny i odpowiedni. Bazując na niej, nie ulega wątpliwości, że podjęta w recenzowanej dysertacji tematyka badawcza została wybrana na czasie i właściwie.

Czytelnik może tutaj znaleźć treści dotyczące m.in. czynników mających wpływ na rozwój elektromobilności, zasad rachunku ekonomicznego, strategii kształtowania ceny, czy też kosztów operacyjnych. Główny nacisk postawiono w niej jednak na identyfikację wszelkiego typu czynników mogących mieć wpływ na jak najbardziej efektywne działanie stacji ładowania pojazdów elektrycznych. Nie ulega wątpliwości, że czytelnik po zapoznaniu się z tą częścią pracy dostaje komplet w pełni usystematyzowanych informacji popartych aktualną wiedzą i praktyką.

Bazując na pozyskanych informacjach dotyczących zidentyfikowanych czynników uszeregowanych w sześciu tematycznych grupach, określono dwadzieścia odpowiednich parametrów. Wśród nich Autor rozprawy wymienia dziewięć o charakterze egzogenicznym, czyli takie które są niezależne od działania operatora tego typu działalności, oraz jedenaście endogenicznych na jakie ma wpływ. Czytelnik nie ma tutaj żadnej wątpliwości czego dotyczy każdy z zaproponowanych parametrów, czy też jakie wartości (atrybuty) może przyjmować. Zarówno przyporządkowanie poszczególnych parametrów do danej grupy tematycznej, jak również pokrycie za ich pomocą całego założonego obszaru oddziaływania, jest w pełni satysfakcjonujące.

Wskazane parametry wraz z ich atrybutami stanowią warstwę wejściową opracowanego przez Doktoranta modelu. Jego architektura składa się jeszcze z dwóch warstw w postaci warstwy wektorowej oraz warstwy wyjściowej. Zastosowany w pracy opis modelu należy uznać za kompletny. Bez problemu można znaleźć informacje dotyczące zarówno założeń wstępnych, jak również budowy i działania poszczególnych jego warstw. Wykorzystane w modelu funkcje modulujące dla poszczególnych parametrów zostały szczegółowo scharakteryzowane. Umożliwiają one uwzględnienie występujących w rzeczywistych warunkach asymetrycznych efektów, progu nasycenia, czy też cykliczności zjawisk. Jak wskazuje Autor, dobrał je w oparciu o literaturę, jak również własne bogate doświadczenia w tej materii, czemu nie można zaprzeczyć przyglądając się zaproponowanym rozwiązaniom.

Opracowany model może być wykorzystany do przeprowadzenia symulacji, których celem jest oszacowanie przewidywanego wyniku ekonomicznego stacji ładowania w określonym czasie. Żeby to mogło być zrealizowane, Doktorant opracował specjalny algorytm symulacyjny. Co warto zauważyć, uwzględniono w nim dynamiczną zmienność parametrów przyjętego modelu. Jako wynik zastosowanego algorytmu otrzymuje się procentową wartość skumulowanej zmiany marży operacyjnej i wykorzystania infrastruktury w określonym czasie.

Także w tym wypadku Autor rozprawy w sposób zrozumiały, szczegółowy i kompletny opisał zaproponowany algorytm. Nie pozostawił tutaj żadnych niejasności w kwestii założeń wstępnych, jak również kolejnych kroków, w których odbywa się realizacja obliczeń.

Żeby w praktyce można było przeprowadzić symulacje odzwierciedlające analizowane realne sytuacje rynkowe, Doktorant opracował autorską aplikację komputerową. Umożliwia ona przeprowadzenie symulacji danego scenariusza przy określonych parametrach oraz zbadanie ich wpływu na uzyskane rezultaty, jak również porównanie wyników dla różnych scenariuszy. Sama aplikacja – jej budowa i działanie, w tym sposób zakodowania (struktura, format) i używania danych, zostały wyczerpująco opisane w rozprawie doktorskiej.

Bez wątpienia należy zauważyć, że autorska aplikacja stanowi realizację założonego w pracy użytecznego celu w praktyce, czyli możliwości zasymulowania zmian wartości marży i wykorzystania infrastruktury stacji ładowania w zadanym czasie.

W trakcie realizacji pracy doktorskiej na etapie testowania działania modelu pojawiła się potrzeba dodatkowego przyjrzenia się danym wejściowym używanym w modelu. Do tego celu została stworzona kolejna autorska aplikacja, w pełni zgodna z podstawową. Daje ona możliwość wielowymiarowej oceny danych używanych w analizowanych scenariuszach symulacyjnych w badanym okresie czasu. Także tutaj precyzyjnie omówiono architekturę, jak i działanie programu. Strukturę programu stanowią cztery warstwy, w tym interfejsu użytkownika, logiki aplikacyjnej, przetwarzania danych, oraz wizualizacji i interakcji.

Celem zmniejszenia ryzyka wystąpienia błędów w trakcie analizy zakładanych scenariuszy, w programie zaimplementowano specjalny mechanizm kontroli poprawności danych, co niewątpliwie podnosi wartość użytkową aplikacji.

Ostatnia część pracy opisuje proces praktycznej realizacji symulacji sześciu scenariuszy. Analizowane scenariusze obejmowały dwie równoliczne grupy. Dla pierwszej, dane wejściowe stanowiły syntetycznie (sztucznie) wygenerowane informacje. W drugim przypadku posłużono się danymi hybrydowymi, które zawierały zarówno syntetyczne dane, jak i te, które pozyskano z rzeczywistych źródeł informacyjnych. Szczegółowe opisy poszczególnych scenariuszy wraz z uzyskanymi wynikami zostały precyzyjnie przedstawione w rozprawie.

Różnorodność przyjętych do analiz scenariuszy pozwoliła sprawdzić oraz potwierdzić poprawność i stabilność działania autorskich programów, a tym samym samego zaproponowanego modelu i algorytmu utworzonego na jego podstawie.

Na koniec Doktorant dokonał analizy wrażliwości parametrów zaproponowanego modelu, oraz ich korelacji. Zarówno założenia, jak i sam sposób wykonania analiz oraz otrzymane wyniki, zostały w należyty sposób opisane w pracy doktorskiej. Otrzymane wyniki potwierdzają poprawność działania modelu.

Niestety nie udało się w pracy potwierdzić działania zaproponowanego modelu bazując na kompletnych rzeczywistych danych (brak dostępu do informacji z powodu istniejącego „know-how”), co oczywiście jej nie ujmuje, ale stanowi cel na przyszłość.

Przedstawione w dysertacji badania Autora zostały zakończone rozdziałem *Podsumowanie rozprawy*, gdzie doktorant wskazał otrzymane wnioski i efekty, oraz kierunki możliwych i wartych przeprowadzenia dalszych analiz.

Wartym zauważenia jest fakt, że Autor w swojej rozprawie nie boi się wskazać ograniczeń aktualnej wersji praktycznej implementacji modelu w aplikację, a równocześnie nakreśla kolejne działania na przyszłość mające na celu dalszy rozwój modelu. Wydaje się, że działania te są możliwe do zrealizowania.

W tym momencie ciekawość poznawcza recenzenta skłania mnie do poproszenia o odpowiedź w następujących kwestiach:

- (1) Czy zastosowany model można wykorzystać do analizy działalności operatorów infrastruktury ładowania EV innego typu pojazdów, niż założone w pracy lekkie pojazdy drogowe o dopuszczalnej masie całkowitej do 3,5 tony. Jeśli tak, to jakich zmian, czy też uzupełnień by to wymagało.
- (2) Czy zastosowany model może być użyty do analizy działalności operatorów infrastruktury „ładowania” innymi źródłami zasilania pojazdów, niż założona w pracy energia elektryczna. Jeśli tak, to jakich zmian, czy też uzupełnień by to wymagało.

Odnosząc się do samej edycji pracy należy potwierdzić jej właściwe opracowania. Wszystkie treści w niej zawarte są podane w sposób zrozumiały i wystarczająco dokładny dla każdego potencjalnego czytelnika. Rozprawa została poprawnie zredagowana, choć zauważyłem w niej kilka błędów natury literowej, stylistycznej, czy też gramatycznej. Przykładowo, Autor odnosi się do nieistniejących załączników do pracy, podczas gdy informacje te są zawarte bezpośrednio w jej treści, czy też błędnie wskazuje odnośniki do

bibliografii. Należy jednak podkreślić, że zauważone niedociągnięcia w żaden sposób nie umniejszają wartości samej pracy.

Na koniec należy bez wątpienia stwierdzić, że w konsekwencji pełnej realizacji założonych zadań badawczych, Doktorant potwierdził spełnienie celu pracy (w tym wszystkich celów cząstkowych) oraz poprawność przyjętej tezy.

4. Podsumowanie

Przedstawiona do oceny rozprawa stanowi wartościową pozycję zarówno pod względem poznawczym jak i użyłitarnym. Doktorant postawił sobie do rozwiązania zadanie bezpośrednio wynikające z praktyki. Poprawne rozwiązanie postawionego sobie za cel zadania daje możliwość wykorzystania uzyskanych wyników bezpośrednio w praktyce, co niewątpliwie podnosi wartość samej pracy.

Celem przeprowadzenia założonego zakresu badań i uzyskania pozytywnych wyników doktorant musiał udowodnić swoją dużą wiedzę i umiejętności zarówno na gruncie teorii, jak i praktyki w tej tematyce badawczej.

W związku z powyższym stwierdzam, że przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska bez zastrzeżeń spełnia wymogi *Ustawy o Stopniach i Tytule Naukowym* i wnoszę o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie doktoranta do publicznej obrony.

Równocześnie, mając na uwadze zakres przeprowadzonych badań, wysoki poziom samej rozprawy doktorskiej a przede wszystkim możliwość wdrożenia uzyskanych wyników badań w praktyce, pozwalam sobie poddać pod zastanowienie jej wyróżnienie.

Prof. Czed