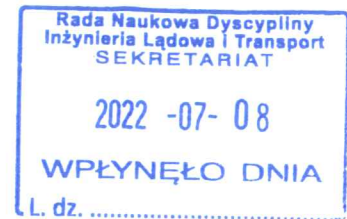


Katowice, dn. 7.07.2022 r.

Dr hab. inż. Renata Żochowska, prof. PŚ
Katedra Systemów Transportowych, Inżynierii Ruchu i Logistyki
Wydział Transportu i Inżynierii Lotniczej
Politechnika Śląska
ul. Krasińskiego 8, 40-019 Katowice



RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ

mgr inż. Marka Likosa

nt. „*Model przemieszczania wyposażenia wojsk w ustalonych relacjach
przegrupowania wojsk lądowych*”

Podstawa formalna opracowania recenzji

Podstawę opracowania recenzji stanowi Uchwała nr 414/2022 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 10 maja 2022 roku oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport, dr hab. inż. Konrada Lewczuka, prof. uczelni z dn. 13 maja 2022 roku.

1. Ogólna charakterystyka i ocena układu rozprawy doktorskiej

Podstawą ubiegania się p. mgr inż. Marka Likosa o nadanie stopnia doktora jest autorska rozprawa doktorska zatytułowana „*Model przemieszczania wyposażenia wojsk w ustalonych relacjach przegrupowania wojsk lądowych*”. Promotorem rozprawy jest dr hab. inż. Mariusz Kostrzewski, prof. uczelni.

Dysertacja składa się z czterech rozdziałów, wprowadzenia, podsumowania, wykazu rysunków i tabel oraz streszczenia w języku polskim i angielskim. Wykaz literatury zawiera 174 pozycje piśmiennictwa. Tekst rozprawy obejmuje 141 stron, w tym 24 rysunki oraz 17 tabel. Wszystkie rysunki, tabele i wykresy zostały ponumerowane w sposób jednostopniowy oraz odpowiednio opisane w tekście zasadniczym pracy. Integralną część rozprawy stanowi płyta CD zawierająca aplikację komputerową modelu symulacyjnego opracowanego przez Doktoranta oraz 11 załączników, obejmujących łącznie 146 stron.

Zasadnicza treść rozprawy została poprzedzona zestawieniem wybranych oznaczeń, symboli i skrótów, ułatwiającym interpretację opisu formalnego problemu badawczego oraz wprowadzeniem zawierającym wyjaśnienia najważniejszych pojęć stosowanych w rozprawie. W części tej zaprezentowano również problematykę podejmowaną w pracy oraz osiągnięte rezultaty.

Rozdział pierwszy ma charakter teoretyczny i zawiera efekt badań literaturowych Doktoranta, obejmujących zarówno opracowania polskie, jak i zagraniczne. Stan zagadnienia został przedstawiony w trzech obszarach powiązanych tematycznie z badaną problematyką, dotyczących zasad przemieszczania wyposażenia wojsk w kontekście zabezpieczenia

logistycznego, wyboru dróg alternatywnych oraz metod i narzędzi stosowanych w pracach badawczych o tematyce zbliżonej do rozprawy doktorskiej. Uzupełnieniem jakościowej analizy literaturowej zaprezentowanej w pracy jest jej ilościowa charakterystyka przedstawiona w załączniku 11. Rozdział pierwszy zakończono wnioskami, w których na podstawie szerokiego przeglądu publikacji p. mgr inż. Marek Likos zidentyfikował lukę badawczą, polegającą na braku metody umożliwiającej wyznaczenie optymalnych dróg przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach z uwzględnieniem zróżnicowanych kryteriów. Ponadto, zdaniem Doktoranta, w bazach danych zawierających znaczące publikacje naukowe dostępna jest niewielka liczba prac dotyczących zastosowania narzędzi informatycznych opartych na modelach symulacyjnych wspomagających analizy związane z przemieszczaniem wyposażenia wojsk. Uzasadnia to potrzebę prowadzenia badań opisanych w dysertacji.

W rozdziale drugim przedstawiono cel, tezę oraz zakres pracy. Wynikają one bezpośrednio z badań literaturowych przeprowadzonych przez Doktoranta.

Rozdział trzeci zawiera matematyczny opis modelu decyzyjnego przemieszczania wyposażenia wojsk w ustalonych relacjach przegrupowania. Pan mgr inż. Marek Likos zdefiniował strukturę i charakterystyki sieci transportowej oraz określił zmienne decyzyjne, ograniczenia i kryteria optymalizacyjne w modelu decyzyjnym. Opracowane przez Doktoranta zadanie optymalizacyjne dla przemieszczania wyposażenia wojsk z wykorzystaniem pojazdów w ustalonych relacjach przegrupowania w sieci transportowej uwzględnia trzy funkcje kryterium: kosztu średniego, kosztów zewnętrznych oraz czasu. W rozprawie analizie poddane zostały trzy warianty rozłożenia wielkości przemieszczanego wyposażenia wojsk lądowych. Pierwszy z wariantów zakłada aktualny poziom wielkości przemieszczanego wyposażenia wojsk lądowych w zakresie realizacji przegrupowania na istniejące drogi, w drugim wariantcie zwiększono wielkość przemieszczanego wyposażenia półtorakrotnie, a w trzecim uwzględniono występowanie nieoczekiwanych zdarzeń podczas realizacji przemieszczania wyposażenia wojsk bez przyrostu jego wielkości. W rozdziale tym również przedstawiono wyniki badań dla przypadku jednej ustalonej relacji przegrupowania wojsk (Rzeszów – Drawsko Pomorskie) i sześciu alternatywnych dróg. Do wyznaczenia optymalnego rozwiązania wybrano jedną z metod unitaryzacji zerowanej traktując cząstkowe funkcje kryterium jako destymulanty.

W rozdziale czwartym przedstawiono implementację komputerową modelu decyzyjnego w postaci modelu symulacyjnego umożliwiającego weryfikację wyników uzyskanych z zastosowaniem metod analitycznych oraz uwzględnienie potencjalnych sytuacji awaryjnych. Ważną częścią tego rozdziału jest analiza porównawcza, którą Doktorant przeprowadził dla trzech wariantów rozłożenia wielkości przemieszczanego wyposażenia wojsk lądowych zestawiając ze sobą wartości kosztów średnich oraz czasów przejazdu w zakresie przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych otrzymanych z zastosowaniem modelu analitycznego i symulacyjnego. Szczegółowe wyniki analiz zostały zamieszczone w załącznikach.

W podsumowaniu, stanowiącym nienumerowaną część rozprawy, zamieszczone zostały wnioski z przeprowadzonych analiz oraz kierunki dalszych badań. Autor w tym miejscu wskazał również aspekty poznawcze i utylitarne badań podejmowanych w ramach rozprawy doktorskiej.

Ogólnie uważam, że przyjęta przez Doktoranta struktura pracy jest poprawna. Kolejne rozdziały zawierają treści odpowiadające ich tytułom i stanowią konsekwentne i logiczne rozwinięcie problematyki podjętej w dysertacji. Pewne zastrzeżenia może budzić dysproporcja w objętości poszczególnych rozdziałów. W szczególności dotyczy to rozdziału trzeciego, którego rozmiar (63 strony) znacznie odbiega od pozostałych części pracy. W mojej ocenie warto byłoby rozdzielić treści tego rozdziału na dwie części: teoretyczną, obejmującą opis formalny modelu decyzyjnego oraz praktyczną, prezentującą wyniki badań w zakresie przemieszczania wyposażenia wojsk w ustalonej relacji przegrupowania wojsk lądowych (tzn. Rzeszów – Drawsko Pomorskie). Uważam, że wpłynęłoby to korzystnie na przejrzystość rozważań przedstawianych w tej części dysertacji.

Należy podkreślić, że powyższe uwagi mają jedynie charakter redakcyjny i nie wpływają na ogólną pozytywną ocenę układu pracy.

2. Ocena zastosowanego piśmiennictwa

Autor dysertacji powołał się w treści pracy na 174 pozycje literaturowe. W większości są to publikacje dotyczące problematyki modelowania systemów i procesów transportowych oraz zagadnień logistycznych związanych z przemieszczaniem jednostek wojskowych. Opracowania, na które powołuje się Doktorant mają charakter zarówno naukowy (monografie, artykuły wydane w renomowanych czasopismach naukowych), jak i praktyczny (poradniki, wytyczne, regulaminy, akty prawne). Znaczna liczba prac została opublikowana po 2015 roku, co oznacza, że zawarte w nich treści prezentują aktualny stan wiedzy. Pan mgr inż. Marek Likos w swoich studiach literaturowych sięgnął zarówno po publikacje krajowe, jak i zagraniczne. W mojej ocenie zbiór cytowanych publikacji jest wystarczający i został on dobrany w sposób adekwatny do analizy badanego zagadnienia.

Autor dysertacji powołuje się również na wiele opracowań dostępnych w Internecie. Zastrzeżenia w tym zakresie może budzić powoływanie się na treści zamieszczone w witrynie „<https://pl.wikipedia.org/>” jako wiarygodne źródło wiedzy naukowej. Należy pamiętać, że jest to źródło wtórne, wobec czego warto sięgnąć w pierwszej kolejności po źródła pierwotne (np. w przypadku specyfikacji linii kolejowych jest to aktualizowany corocznie wykaz linii Id-12 (D-29) stanowiący Załącznik do zarządzenia Nr 1/2009 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 9 lutego 2009 r.).

3. Ocena doboru tematu oraz celu i zakresu rozprawy

Planowanie przemieszczania wyposażenia wojsk jest złożonym i wieloaspektowym zagadnieniem wpływającym w istotny sposób na funkcjonowanie sił zbrojnych. W szczególności problem ten jest ważny przy przegrupowaniu wojsk lądowych, które odbywa się kilka razy w ciągu roku celem odbycia szkolenia na poligonie wojskowym w Drawsku Pomorskim. W pracy założono, że przemieszczanie wyposażenia wojsk lądowych, czyli osób, sprzętu wojskowego i ładunków oraz środków zabezpieczenia logistycznego odbywa się z wykorzystaniem transportu drogowego i kolejowego. Wymaga ono zatem wyznaczenia optymalnych tras z uwzględnieniem różnorodnych kryteriów dotyczących czasu i kosztu przemieszczania oraz uwarunkowań i parametrów istniejącej infrastruktury transportowej. Ponadto w zagadnieniach dotyczących zabezpieczenia logistycznego wojsk lądowych należy wziąć pod uwagę również czynniki losowe związane z możliwością wystąpienia

nieoczekiwanych sytuacji awaryjnych i kryzysowych, co w konsekwencji może wpływać na poziom niezawodności i bezpieczeństwa całego procesu przemieszczania.

Złożoność problematyki dotyczącej przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych wojsk jest duża i wymaga opracowania odpowiednich narzędzi wspomagających procesy decyzyjne jednostek zajmujących się zabezpieczeniem logistycznym sił zbrojnych. Obecnie brakuje metody umożliwiającej wyznaczenie optymalnych dróg przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych z uwzględnieniem różnorodnych kryteriów. Recenzowana rozprawa doktorska wypełnia zatem lukę badawczą w tym obszarze. W związku z tym pozytywnie oceniam wybór tematu pracy. Uważam, że problem badawczy podjęty w dysertacji przez p. mgr inż. Marka Likosa jest ważny i aktualny z punktu widzenia poprawy procesu planowania przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych, a uzyskane wyniki badań mają zarówno charakter poznawczy, jak i użytkowy.

Głównym celem naukowym recenzowanej rozprawy doktorskiej jest *„opracowanie modelu przemieszczania wyposażenia sił zbrojnych (w szczególności wojsk lądowych) w określonych relacjach przegrupowania tych sił jako narzędzia stanowiącego wspomaganie decyzji w zakresie zabezpieczenia logistycznego wojsk lądowych”*. Doktorant określił również cztery cele cząstkowe dotyczące opracowania matematycznego modelu decyzyjnego, modelu koncepcyjnego (analitycznego) oraz symulacyjnego przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania, a także weryfikację danych opracowanego modelu polegającą na porównaniu wyników uzyskanych w efekcie zastosowania modelu analitycznego i symulacyjnego. Wskazuje to zarówno na naukowy, jak i na praktyczny charakter rozprawy. Wymiernym efektem pracy jest bowiem narzędzie, które może być wykorzystane do analiz scenariuszowych uwzględniających różne wartości danych wejściowych i charakterystyk systemu. Jej wynikami mogą być zatem zainteresowane jednostki zajmujące się szeroko rozumianym zabezpieczeniem logistycznym wojsk lądowych.

Zdefiniowane przez Autora dysertacji cele badawcze determinują zakres rozprawy. W rozprawie można wyodrębnić dwie zasadnicze części. Pierwsza część, o charakterze teoretycznym, zawiera definicje najważniejszych pojęć związanych z problemem badawczym, przegląd literatury dotyczącej problematyki przemieszczania wyposażenia wojsk w kontekście zabezpieczenia logistycznego, wyboru dróg alternatywnych oraz metod i narzędzi wspomagania decyzji. W drugiej części rozprawy Doktorant sformułował wielokryterialne zadanie optymalizacyjne w postaci matematycznego modelu decyzyjnego i zaprezentował opracowane narzędzie informatyczne stanowiące implementację tego modelu. Aplikacja komputerowa oparta na modelu symulacyjnym umożliwia prowadzenie analiz scenariuszowych z uwzględnieniem różnych uwarunkowań i zakłóceń w realizacji przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych, co w efekcie może przyczynić się do zmniejszenia kosztów i czasu przejazdu.

Reasumując, stwierdzam, że temat rozprawy jest ważny i aktualny, a zadanie badawcze podjęte przez Doktoranta – trudne, złożone i zasadne zarówno pod względem naukowym, jak i praktycznym. Cel pracy i jej zakres zostały określone adekwatnie do analizowanej problematyki i sformułowane w sposób właściwy. Wybór ustalonej relacji przegrupowania wojsk, tj. Rzeszów – Drawsko Pomorskie ze względu na militarne znaczenie tych lokalizacji również uważam za zasadny.

4. Ocena tezy naukowej i jej oryginalności

Problem badawczy, podjęty przez Doktoranta, jakim jest przemieszczanie wyposażenia sił zbrojnych, charakteryzuje się dużą złożonością i wymaga uwzględnienia różnego typu uwarunkowań. Z kolei wieloaspektowość zagadnienia wymusza potrzebę zastosowania metod o charakterze wielokryterialnym przy wyznaczaniu optymalnego rozwiązania. W związku z tym w recenzowanej rozprawie p. mgr inż. Marek Likos sformułował następującą tezę naukową: *„Stosowanie aparatu programowania matematycznego oraz metody symulacji komputerowej, pozwala na opracowanie modelu przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych sił, ze względu na predefiniowane funkcje celu, jako narzędzia wspomagania decyzji w zakresie zabezpieczenia logistycznego wojsk lądowych”*.

Mając na uwadze analizowany problem badawczy, uważam, że teza została sformułowana prawidłowo i jest ściśle powiązana z wcześniej określonymi celami badawczymi. Stanowi ona również ważny przyczynek w sensie poznawczym i utylitarnym w problematyce zabezpieczenia logistycznego sił zbrojnych.

Oryginalny model przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych wojsk sformalizowany i opracowany przez Doktoranta, została następnie zaimplementowany w postaci autorskiego oprogramowania, ułatwiającego sprawne przeprowadzenie eksperymentów obliczeniowych w formie analiz scenariuszowych przy przyjęciu zróżnicowanych założeń w odniesieniu do danych wejściowych. Analiza wyników tych badań dla trzech wariantów rozłożenia wielkości przemieszczanego wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania, tj.: dla stanu obecnego, dla zwiększonej półtorakrotnie wielkości przemieszczanego wyposażenia oraz dla wariantu uwzględniającego występowanie nieoczekiwanych zdarzeń podczas przemieszczania wyposażenia wojsk potwierdziła prawdziwość postawionej tezy.

Autor dysertacji wskazał lukę badawczą polegającą na braku narzędzi wspomagających procesy decyzyjne dotyczące zabezpieczenia logistycznego sił zbrojnych w zakresie przemieszczania wyposażenia tych sił, które uwzględniałyby złożoność i wieloaspektowość tych zagadnień. W związku z tym Doktorant formułując tezę naukową wskazał na potrzebę zastosowania aparatu programowania matematycznego oraz metody symulacji komputerowej w rozwiązaniu podjętego problemu badawczego. W mojej ocenie świadczy to o oryginalności postawionej tezy.

5. Ocena naukowej wartości rozprawy

Do najważniejszych oryginalnych osiągnięć naukowych Doktoranta przedstawionych w recenzowanej dysertacji zaliczam:

- określenie głównych obszarów badawczych dotyczących problematyki przemieszczania wyposażenia wojsk w kontekście zabezpieczenia logistycznego na podstawie analizy literatury oraz ustalenie aktualnego stanu zagadnienia w tym zakresie,
- zdefiniowanie matematycznego modelu decyzyjnego (modelu analitycznego) przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych sił w ujęciu wielokryterialnym, w tym określenie modelu sieci transportowej, zmiennych decyzyjnych, ograniczeń oraz trzech cząstkowych funkcji kryterium, tj.: kosztów średnich, kosztów zewnętrznych oraz czasu,

- opracowanie modelu symulacyjnego przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych sił, umożliwiającego przeprowadzanie analiz scenariuszowych z uwzględnieniem różnych danych wejściowych,
- implementację komputerową modelu decyzyjnego dla trzech wariantów rozłożenia wielkości przemieszczanego wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania tych wojsk,
- przeprowadzenie wielokryterialnej oceny wariantów modelu decyzyjnego z uwzględnieniem kosztów średnich i czasu przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania tych sił oraz wskazanie dróg o najlepszych i najgorszych walorach wdrożeniowych.

6. Ocena doboru metod do rozwiązania problemu przedstawionego w rozprawie

Planowanie i organizacja przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych wojsk wymaga zastosowania odpowiednich metod i narzędzi wspomagających procesy decyzyjne w zakresie zabezpieczenia logistycznego sił zbrojnych. Ich dobór jest bardzo ważnym i trudnym zadaniem, ponieważ może wpływać na wybór optymalnych dróg przemieszczania.

Doktorant opracowując autorski model decyzyjny zastosował modelowanie matematyczne, które umożliwia odwzorowanie poszczególnych części złożonego problemu w postaci zadania optymalizacyjnego wraz z założeniami, zmiennymi decyzyjnymi, ograniczeniami i funkcjami stanowiącymi kryteria oceny otrzymanego rozwiązania. Do osiągnięcia celu zdefiniowanego w dysertacji p. mgr inż. Marek Likos sformułował poszczególne elementy modelu decyzyjnego przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w określonych relacjach przegrupowania tych wojsk uwzględniając trzy funkcje kryterium: kosztów średnich, kosztów zewnętrznych oraz czasu.

Ponadto Autor rozprawy w celu implementacji modelu decyzyjnego zbudował narzędzie informatyczne z zastosowaniem modelu symulacyjnego, stanowiące wsparcie procesu obliczeniowego, w szczególności w przypadku nietypowych wariantów sytuacyjnych. W badaniach symulacyjnych uwzględniono m.in. takie czynniki jak: bieżący ruch na drogach, stan infrastruktury, brak elektryfikacji na liniach kolejowych, zróżnicowanie kosztów jednostkowych w zależności od typu przewozu, lokalizacje miejsc obsługi podróży z uwzględnieniem potrzeb parkowania pojazdów przewożących ładunki niebezpieczne, zróżnicowanie i ograniczenie prędkości jazdy w sieci transportowej oraz zróżnicowanie, niepewność i niestabilność aspektów związanych z kosztami zewnętrznymi.

Doktorant wykazał tym samym, że posiada wiedzę w zakresie metod modelowania matematycznego i potrafi opracować odpowiednie narzędzia informatyczne wspomagające procesy decyzyjne.

7. Ocena samodzielności rozwiązania problemu badawczego

W mojej ocenie samodzielność rozwiązania problemu badawczego przez p. mgr inż. Marka Likosa nie budzi wątpliwości. Na podstawie identyfikacji stanu zagadnienia w zakresie przemieszczania wyposażenia wojsk w kontekście zabezpieczenia logistycznego Doktorant określił lukę badawczą, w sposób przejrzysty określił główny cel rozprawy oraz cele cząstkowe i konsekwentnie dążył do ich realizacji. W swojej dysertacji p. mgr inż. Marek Likos

odpowiednio dobrał aparat matematyczny do opracowania autorskiego modelu decyzyjnego przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania tych wojsk oraz narzędzia informatyczne do implementacji tego modelu w postaci aplikacji komputerowej z zastosowaniem podejścia symulacyjnego.

Dokładna analiza treści rozprawy daje podstawy do stwierdzenia, że Doktorant potrafi poprawnie interpretować uzyskane wyniki badań oraz trafnie formułować wnioski końcowe. Świadczy to o umiejętności prowadzenia samodzielnych badań naukowych.

8. Uwagi krytyczne i pytania problemowe

8.1. Uwagi merytoryczne

W mojej ocenie recenzowana rozprawa została napisana na dobrym poziomie merytorycznym. Mam jednak kilka pytań i wątpliwości, które nasunęły się podczas analizy treści pracy. Odpowiedzi oczekuję podczas publicznej obrony.

1. Autor rozprawy wielokrotnie posługuje się pojęciem „rejon przegrupowania wojsk”, które w mojej ocenie nie zostało wystarczająco precyzyjnie zdefiniowane w pracy. Proszę o wyjaśnienie tego pojęcia w kontekście prowadzonych badań.
2. Budując model sieci transportowej Doktorant założył, że zbiór funkcji określonych na wierzchołkach grafu jest zbiorem pustym. Proszę o doprecyzowanie, w jaki sposób w modelu uwzględniono straty czasu oraz związane z nimi koszty w punktowych elementach sieci transportowej (np. na skrzyżowaniach czy stacjach kolejowych).
3. W podrozdziałach 3.4.2 – 3.4.4 zdefiniowano kolejno trzy kryteria cząstkowe: kryterium kosztu średniego, kryterium kosztu zewnętrznego oraz kryterium czasu przegrupowania wojsk. Proszę o wyjaśnienie, dlaczego w ocenie wielokryterialnej (wzór 58) nie zostały uwzględnione koszty zewnętrzne.
4. Proszę o doprecyzowanie założeń w przyjętym modelu decyzyjnym dotyczących struktury potoku ruchu przemieszczającego się odcinkiem sieci transportowej. Jaki udział w potoku ruchu stanowi wyposażenie sił zbrojnych i na jakiej podstawie został on określony?
5. Wariant 3 modelu decyzyjnego zakłada uwzględnienie wystąpienia różnego typu zdarzeń wpływających na koszty i czas przemieszczeń wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przemieszczania tych wojsk. W wariantcie tym założono zwiększenie podatności na awarie pojazdów umownych do 25%. Jak należy interpretować tę wartość i na jakiej podstawie została ona ustalona?

Należy zaznaczyć, że przedstawione wyżej uwagi mają charakter dyskusyjny i nie podważają mojej pozytywnej oceny rozprawy.

8.2. Uwagi dotyczące redakcji rozprawy

Uważam, że recenzowana rozprawa została napisana dobrym językiem i zredagowana starannie. Jednak w kilku miejscach wystąpiły drobne błędy językowe, stylistyczne i formalne. Wśród nich należy wskazać następujące kwestie:

- wykaz oznaczeń w wielu miejscach jest niespójny z notacją stosowaną w tekście dysertacji, np. w wykazie jako $c(r)^{p,ab}$ oznaczono koszt przemieszczania wyposażenia wojsk p -tą drogą w r -tej relacji przegrupowania (a, b) , natomiast w tekście (str. 68) koszt ten jest oznaczany jako $c(wr)^{p,ab}$, gdzie wr oznacza wariant rozłożenia przemieszczanego wyposażenia wojsk,
- wyniki obliczeń dotyczące czasów realizacji przemieszczania wyposażenia wojsk (Tab. 12 – 16) wyrażone są ze zbyt dużą dokładnością,
- nie wyjaśniono oznaczeń s oraz r zastosowanych m.in. we wzorach (17) – (23) oraz (30) – (36),
- wzory (38) – (41) zapisano nieprawidłowo pod względem formalnym,
- w treści dysertacji zauważono również kilka błędów językowych.

Proszę, aby Doktorant nie odnosił się do powyższych uwag w trakcie obrony, lecz ewentualnie uwzględnił je w przyszłych publikacjach.

Reasumując, stwierdzam, że p. mgr inż. Marek Likos sprawnie posługuje się językiem naukowym, praca jest napisana w sposób czytelny i przejrzysty, a ewentualne drobne uchybienia językowe i stylistyczne oraz niespójności formalne nie obniżają jej wartości merytorycznej.

9. Ocena końcowa rozprawy

W mojej ocenie treść recenzowanej rozprawy stanowi spójną i uporządkowaną całość. Doktorant na podstawie przeglądu literatury zidentyfikował lukę badawczą, określił tezę, cele i zakres pracy. Zapoznanie się z aktualnym stanem wiedzy pozwoliło na opracowanie modelu przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania tych wojsk w trzech wariantach rozłożenia wielkości przemieszczanego wyposażenia. W opracowanym modelu decyzyjnym Doktorant przyjął trzy kryteria częstkowe: koszty średnie, koszty zewnętrzne i czas przemieszczania. Model analityczny umożliwił budowę autorskiego narzędzia informatycznego wspomagającego procesy decyzyjne w zakresie zabezpieczenia logistycznego sił zbrojnych.

Główne cele dysertacji zostały osiągnięte, a opracowany model przemieszczania wyposażenia wojsk lądowych w ustalonych relacjach przegrupowania tych wojsk stanowi **oryginalne ujęcie problematyki** dotyczącej zabezpieczenia logistycznego sił zbrojnych. Wymiernym efektem pracy jest autorska aplikacja komputerowa.

Dysertacja napisana jest na dobrym poziomie naukowym, a uwagi zgłoszone w p. 8 (głównie w formie pytań lub uwag o charakterze redakcyjnym) nie obniżają ogólnie pozytywnej oceny pracy. Poszczególne etapy pracy zostały przedstawione w sposób czytelny. Doktorant w sposób właściwy dobrał aparat matematyczny do rozwiązania problemu badawczego, potwierdzając w ten sposób **swoją wiedzę teoretyczną w zakresie badanego zagadnienia**. Wnioski sformułowane przez Doktoranta na podstawie uzyskanych wyników badań świadczą o umiejętności analize i krytycznej oceny, co stanowi ważną cechę **w samodzielnym prowadzeniu prac o charakterze naukowo-badawczym**.

Temat podjęty w pracy jest ważny, zarówno pod względem teoretycznym, jak i praktycznym. W związku z powyższym, w mojej ocenie, **dysertacja wnosi istotny wkład**

w rozwój nauk inżynieryjno-technicznych w zakresie modelowania zabezpieczenia logistycznego wojsk lądowych. Recenzowana rozprawa doktorska może być zatem podstawą do nadania stopnia naukowego doktora w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport.

Reasumując stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska p. mgr inż. Marka Likosa pt. *„Model przemieszczania wyposażenia wojsk w ustalonych relacjach przegrupowania wojsk lądowych”*:

- stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, jakim jest przemieszczanie wyposażenia sił zbrojnych w ustalonych relacjach przegrupowania tych sił,
- prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną Doktoranta w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport,
- prezentuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez Autora dysertacji.

Wobec powyższego stwierdzam, że recenzowana dysertacja spełnia wymogi stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r. poz. 1669), wraz z jej późniejszymi zmianami. Stawiam zatem wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej p. mgr inż. Marka Likosa przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Lądowa i Transport Politechniki Warszawskiej i dopuszczenie jej Autora do dalszych etapów postępowania kwalifikacyjnego w zakresie uzyskania stopnia doktora w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa i Transport.