

Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna  
Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej  
e-mail: marianna.jacyna@pw.edu.pl

Warszawa, dnia 16.10.2023 r.

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. **Marty Lalak**  
pt. „**Metodyka opracowania danych pozyskanych z niskiego pułapu na potrzeby detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych**”

### 1. UWAGI FORMALNE

Podstawa opracowania: pismo Przewodniczącego Rady Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Lotniczej Akademii Wojskowej, Pana dr hab. inż. Mieczysława Bakuły, prof. LAW z dnia 31.08.2023 r.

Dokumentację merytoryczną do sporządzenia recenzji stanowi egzemplarz rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Lalak pt. „*Metodyka opracowania danych pozyskanych z niskiego pułapu na potrzeby detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych*” mającej formę cyklu czterech powiązanych tematycznie artykułów naukowych – na podstawie art. 187 ust. 3 ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2022 poz. 754 z dn. 3 marca 2022 r. z późniejszymi zmianami).

Promotorem rozprawy jest Pan dr hab. inż. Damian Wierzbicki, prof. WAT.

### 2. OCENA DOBORU TEMATU ROZPRAWY

Kluczowe znaczenie w realizacji operacji lotniczych mają dokładne dane o przeszkodach lotniczych, w szczególności ich lokalizacja i wysokość. Mając na uwadze różne sytuacje niebezpieczne występujące w transporcie lotniczym konieczne jest opracowanie efektywnych narzędzi minimalizujących ryzyko zdarzeń niebezpiecznych w transporcie lotniczym.

Tematyka rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Lalak koncentruje się na problematyce bezpieczeństwa w transporcie lotniczym, a w szczególności na aspekcie wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska. Doktorantka odnosząc się do tych zagadnień w swojej rozprawie uwzględnia zarówno etap zbierania danych o przeszkodach lotniczych jak i etap przetwarzania i analizy tych danych.

Podjęta przez Doktorantkę tematyka jest bardzo ważna z punktu widzenia zarządzania bezpieczeństwem w portach lotniczych. Kluczowym aspektem w operacjach lotniskowych jest minimalizacja ryzyka wypadków związanych z kolizjami z przeszkodami stałymi. Stąd istotne jest opracowanie efektywnych metod wyznaczania tych przeszkód. Pani Mgr inż. M. Lalak przyjmując cel rozprawy cyt. „*opracowanie metod przetwarzania danych pozyskanych z bezzałogowych statków powietrznych na potrzebę zbierania danych o przeszkodach lotniczych*” bardzo dobrze wpisuje się w tę problematykę.

Analiza zawartości merytorycznej rozprawy wskazuje, że podjęta tematyka pracy ma duże

znaczenie zarówno pod względem naukowym jak i użytkowym. Aspekt naukowy to przede wszystkim opracowanie metod detekcji przeszkód lotniczych, natomiast pierwiastek użytkowy to opracowanie narzędzi wspomagających proces wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska.

Oceniając karierę naukowo-zawodową, na podstawie przekazanego krótkiego opisu kariery zawodowej Doktorantki, należy wskazać, że Pani mgr inż. Marta Lalak zajmuje się zagadnieniami nawigacji jako wykładowca w Instytucie Nawigacji Lotniczej Akademii Wojskowej. Posiada również dobrą podbudowę w zakresie geoinformatyki, dzięki ukończeniu studiów magisterskich na kierunku geodezja i kartografia w specjalności geoinformatyka w 2010 roku, na Wydziale Inżynierii Lądowej i Geodezji Wojskowej Akademii Technicznej. W przesłanym materiale brak informacji o aktywności badawczej (np. projektach) Autorki rozprawy.

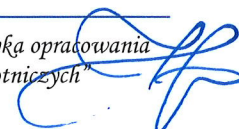
Podsumowując uważam, że podjęty przez Panią mgr inż. Martę Lalak problem badawczy w rozprawie jest jak najbardziej uzasadniony, a samo sformułowanie tematu rozprawy za właściwe.

### 3. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA CYKLU PUBLIKACJI

Przedmiotem opiniowanej rozprawy doktorskiej jest problematyka wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska. W szczególności poświęcona jest problemowi prawidłowego wykrywania niewielkich przeszkód lotniczych, do których Autorka rozprawy zalicza obiekty o określonym (wydłużonym/ wysmukłym) kształcie. Temat ten został opracowany przez Doktorantkę w formie cyklu czterech opublikowanych, powiązanych tematycznie, artykułów naukowych:

1. Lalak M, Wierzbicki D, Kędzierski M. *Methodology of Processing Single-Strip Blocks of Imagery with Reduction and Optimization Number of Ground Control Points in UAV Photogrammetry. Remote Sensing.* 2020; 12(20):3336. <https://doi.org/10.3390/rs12203336>
2. Lalak, M., Krasuski, K., Wierzbicki, D. *Methodology to improve the accuracy of determining the position of UAVs equipped with single-frequency receivers for the purposes of gathering data on aviation obstacles. Scientific Journal of Silesian University of Technology. Series Transport.* 2023, 119, 83-104. ISSN: 0209-3324. DOI: <https://doi.org/10.20858/sjsutst.2023.119.5>.
3. Lalak M., Wierzbicki D., "Methodology of Detection and Classification of Selected Aviation Obstacles Based on UAV Dense Image Matching," in *IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing*, vol. 15, pp. 1869-1883, 2022, doi: 10.1109/JSTARS.2022.3149105.
4. Lalak M, Wierzbicki D. *Automated Detection of Atypical Aviation Obstacles from UAV Images Using a YOLO Algorithm. Sensors.* 2022; 22(17):6611. <https://doi.org/10.3390/s22176611>

Wymienione artykuły publikowane były w czasopismach o dobrej renomie i mocnej pozycji w obszarze transportu. Remote Sensing oraz IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing są w pierwszym, zaś Sensors w drugim decylnie wg bieżącego wskaźnika CiteScore bazy Scopus. Sensors oraz Remote Sensing posiadają Impact Factor. Z kolei wydawnictwa IEEE są uznawane za wysokiej jakości publikacje naukowe. Punktacja czasopism (wg ostatniej listy MEiN) wynosi kolejno: 100 pkt., 100 pkt., 140 pkt., 100 pkt. i należy uznać ją za wysoką. Analiza literatury dotyczącej wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska wskazuje na niepomijalny wpływ Doktorantki w tym obszarze. Nie napotkano opracowań naukowych polemizujących z opublikowanymi przez Doktorantkę tezami.





We wszystkich wymienionych artykułach Doktorantka jest pierwszym autorem i zgodnie z deklaracją (określoną procentowo) miała podstawowy wkład w powstanie artykułów, odpowiednio 70%, 90%, 80% i 80%. **Niestety do dokumentacji nie załączono (?) procentowych udziałów podpisanych przez współautorów.** Ponadto Doktorantka **nie określiła (opisała) dokładnie swojego udziału w przygotowaniu manuskryptów i przedstawionych w nich badań.** Informacja ta jest dostępna jedynie dla publikacji w czasopiśmie Sensors oraz Remote Sensing, co wynika z wymaganego przez redakcję opisu udziału autorów w powstaniu manuskryptów (zawarty na końcu publikacji).

W obu możliwych do ustalenia przypadkach Doktorantka deklaruje swój udział w zakresie opracowania metodologicznego, prac z oprogramowaniem, walidacji, analizy formalnej, dociekania, pozyskania zasobów i opracowania danych, wizualizacji wyników i przygotowania wstępnej wersji manuskryptu. Co istotne w obu przypadkach Autorka rozprawy deklaruje swoje zaangażowanie w pozyskanie środków finansowania. **Niestety, w obu przypadkach Doktorantka nie deklaruje udziału w opracowaniu koncepcji badań (conceptualization), co może wskazywać na mniejszy udział w samym projektowaniu badań, pomimo zadeklarowanego bardzo dużego udziału w powstaniu publikacji.** Nie negując znaczącego i pozwalającego na rozważanie przedstawionego cyklu jako rozprawy doktorskiej **wskazane jest przedstawienie takiej deklaracji podczas publicznej obrony.**

Należy zauważyć, że artykuły wchodzące w skład cyklu poddane były recenzjom zgodnie z polityką czasopism naukowych, w których były publikowane. Zostały więc częściowo zweryfikowane. Pomimo tej formy akceptacji naukowej, w niniejszej recenzji ocenie podlega cykl publikacji jako całość wraz z jego składowymi przedstawionymi w formie rozprawy.

#### 4. ANALIZA ZAKRESU I TREŚCI ROZPRAWY

Recenzowana praca będąca przedmiotem rozprawy porusza istotną tematykę nawiązującą do problematyki wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska. Uważam, że temat jest ważny nie tylko z punktu widzenia samego bezpieczeństwa, czy analizy ryzyka wypadków statków powietrznych, ale również idealnie wpisuje się w tematykę dotyczącą ruchu lotniczego, w tym planowania i organizacji przewozów w transporcie lotniczym.

Na opracowanie, będące przedmiotem oceny, składa się:

- 79 stron tekstu autorskiego w języku polskim,
- 4 załączniki zawierające nieedytowane wersje artykułów wchodzących w skład cyklu w języku angielskim,
- bibliografię liczącą 75 pozycji książkowych, artykułów, ustaw i rozporządzeń,
- streszczenia w języku polskim i angielskim, spis treści i wykaz skrótów z objaśnieniami.
- 23 rysunków w tekście zasadniczym podpisanych oraz ponumerowanych (brak spisu rysunków),
- 7 tabel w tekście zasadniczym, które są ponumerowane i opisane (brak spisu tabel).

Na rozprawę doktorską składa się spójny cykl czterech publikacji pt. „*Metodyka opracowania danych pozyskanych z niskiego pułapu na potrzeby detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych*” Artykułów wchodzących w skład cyklu nie poddano obróbce edytorskiej – zostały one załączone w oryginale do obszernego opracowania o charakterze przewodnika w języku polskim.

Zasadnicza treść rozprawy została podzielona na dwa oddzielne człony. W rozdziałach





numerowanych 1. do 3. Doktorantka przedstawia syntetyczne opracowanie swojego zagadnienia badawczego. W Załącznikach do rozprawy, które stanowią drugi człon, podaje zaś teksty oryginalne czterech artykułów naukowych. Należy zadać pytanie, która z części powinna podlegać ocenie zasadniczej? Chociaż opracowanie w języku polskim na stronach od 9 do 81 jest omówieniem tematów podejmowanych w kolejnych artykułach przedstawionych w załącznikach, nie jest możliwe ustalenie zakresu autorstwa tej części, **ponieważ sam druk rozprawy ma autora przypisanego w postaci Doktorantki, zaś artykuły, w których oryginalnie opublikowano te wyniki, są wieloautorskie.** Wobec tej kwestii zadecydowano, że **ocenie podlega wyłącznie cykl publikacji, a materiały w języku polskim mają charakter pomocniczy i porządkujący.**

**Rozdział 1. Wprowadzenie**, zgodnie z tytułem, ma charakter wprowadzający do tematyki i dobrze spełnia to zadanie. Doktorantka formułuje cel główny, cele pośrednie i cztery hipotezy badawcze, do których odnosi się w kolejnych artykułach stanowiących cykl. W rozdziale tym, mgr inż. M. Lalak skupiła się na przedstawieniu problematyki wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska. Zdefiniowała pojęcia: powierzchnia ograniczająca przeszkody, strefy zbierania danych o przeszkodach, które są kluczowe w analizowanym problemie badawczym.

Autorka rozprawy podkreśliła, iż istnieje wiele metod zbierania danych o przeszkodach lotniczych, lecz nie ma skutecznej metody, która gwarantowałaby jednocześnie najwyższą aktualność i dokładność danych, oraz automatyzację samego procesu zbierania danych. Stąd też, w swoich badaniach do wykrywania przeszkód lotniczych zastosowała bezzałogowe statki powietrzne (BSP).

Pani mgr inż. M. Lalak trafnie zauważyła, że wybór metody zbierania danych o przeszkodach lotniczych jaki i wybór metody przetwarzania tych danych ma kluczowe znaczenie w określeniu dokładnej lokalizacji położenia i wysokości tych przeszkód. Wykorzystanie przez Doktorantkę bezzałogowych statków powietrznych (BSP) do pozyskania danych o przeszkodach trudnych do zlokalizowania jest jak najbardziej uzasadnione ze względu na dużo większą dokładność wykorzystanej techniki BSP, niż w przypadku tradycyjnych lotów fotogrametrycznych. Dokładność ta jest szczególnie istotna w przypadku przeszkód lotniczych o wydłużonym i wysmukłym kształcie.

**Autorka rozprawy zdefiniowała następujący problem badawczy:**

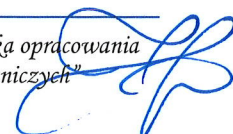
*„Jakie algorytmy przetwarzania danych pozyskanych z niskiego pułapu należy zastosować, aby wykryć i sklasyfikować nietypowe przeszkody lotnicze zgodnie z wymaganiami dokładnościowymi zawartymi w dokumentach EUROCONTROL i ICAO.”*

Uważam, iż problem badawczy został poprawnie sformułowany. Na tej podstawie ustalono cel i tezę rozprawy. W moim odczuciu brakuje podziału celów cząstkowych na cele naukowe i użytkowe. Wyróżnienie tak przyjętych celów podkreśliłoby nie tylko aspekt naukowy przeprowadzonych badań w postaci opracowanych metod przetwarzania danych ale również wskazałoby ich aspekt praktyczny.

W rozdziale pierwszym Doktorantka przedstawiła również **tezę badawczą:**

*„Przetwarzanie danych pozyskanych z niskiego pułapu poprzez zastosowanie algorytmu poprawy pozycjonowania, BSP, algorytmu filtracji i segmentacji chmur punktów oraz algorytmu sieci neuronowej pozwoli na detekcję i identyfikację przeszkód lotniczych z dokładnością zgodną z wymaganiami EUROCONTROL i ICAO.”*

wraz z czterema hipotezami. Uważam, iż teza i hipotezy badawcze, ogólnie, są poprawnie określone. Sposób przeprowadzenia badań również uważam za logiczny i sensownie ułożony.





Dyskusyjne może być użycie skrótu „BSP” w tezie – dodatkowo oddzielonego przecinkami.

**Weryfikacja hipotezy pierwszej (H1):**

*„Uwzględnienie dodatkowych parametrów w procesie aerotriangulacji pozwala na podwyższenie dokładności wyrównania bloku jednoszeregowego przy ograniczonej liczbie fotopunktów dla terenów niedostępnych, przy zastosowaniu niskobudżetowych bezzałogowych statków powietrznych, wyposażonych w jednoczęstotliwościowe odbiorniki GPS.”*

pozwołała na opracowanie metody podwyższającej dokładność wyrównania jednoszeregowego bloku zdjęć pozyskanych z niskiego pułapu dla terenów niedostępnych, natomiast **weryfikacja hipotezy drugiej (H2):**

*„Zastosowanie algorytmu metody pozycjonowania absolutnego SPP z użyciem produktów IGS pozwoli na zwiększenie dokładności wyznaczania pozycji bezzałogowego statku powietrznego dla pozyskiwania danych o przeszkodach lotniczych.”*

pozwołała na opracowanie metody podwyższenia dokładności pozycjonowania bezzałogowych statków powietrznych.

**Weryfikacja hipotezy trzeciej (H3):**

*„Segmentacja chmur punktów zmodyfikowanym algorytmem RANSCA poprzez zastosowanie odpowiedniej filtracji i segmentacji gęstej chmury punktów pozwoli na wykrycie przeszkód lotniczych z dokładnością zgodną z przepisami EUROCONTROL I ICAO.”*

oraz **hipotezy czwartej (H4):**

*„Zastosowanie metody detekcji i klasyfikacji nietypowych przeszkód lotniczych z wykorzystaniem głębokich sieci neuronowych pozwoli na zwiększenie dokładności identyfikacji oraz poprawności klasyfikacji przeszkód lotniczych.”*

umożliwiło opracowanie metody automatycznej detekcji i klasyfikacji nietypowych przeszkód lotniczych np. o wydłużonym i wysmukłym kształcie.

Chociaż, z naukowego punktu widzenia, rozdział ten stanowi wprowadzenie do problemu badawczego to jego układ wymaga komentarza. Wydaje się, że przejście od ogólnego spojrzenia na poruszaną problematykę, następnie opisu metod do identyfikacji przeszkód lotniczych aż do identyfikacji celu dysertacji i tez badawczych w jednym spójnym rozdziale zatytułowanym „Wprowadzenie”, wydaje się być nadmiarowe. Niedosyt może budzić brak podziału rozdziału na podrozdziały. W moim przekonaniu, aby mocniej wyodrębnić problem badawczy, hipotezę i cel pracy takie informacje powinny znaleźć się w odrębnym podrozdziale. Dla przejrzystości oraz czytelności całości opracowania zasadne byłoby podsumowanie tego rozdziału schematem przedstawiającym układ rozprawy.

Na str.9 przedstawiony jest rys.1, pod którym jak źródło podano cyt. [„opr.wł. na podstawie 1] gdzie publikacja [1] w literaturze str.71 zapisane jest cyt.”1. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury..... (Dziennik Ustaw /2021/poz.264)”, natomiast ten sam rysunek przedstawiony jest w publikacji nr 3 cyt. „Fig. 5 Obstacle limitation Surface based on [56]” – gdzie [56] w „References” zapisano “[56] Annex 15 to the .....”. Proszę o komentarz co do podania różnych źródeł.

Komentarza Doktorantki wymaga również ostatni akapit rozdziału Doktorantki, cyt. str.19 „W dalszej części autoreferat składa się z rozdziału 2, w którym opisano cykl publikacji. .... Rozdział 3 zawiera kompleksowe podsumowanie całego cyklu publikacji. Do autoreferatu dołączono cykl publikacji, składający się na niniejszą rozprawę doktorską (Załączniki 1-4).”





W jakim kontekście jest spójna rozprawa a na ile jest to autoreferat. Tym bardziej, że całość pracy jest zatytułowana jako rozprawa doktorska, natomiast artykuły stanowią jej załączniki.

Podsumowując rozdział *Wprowadzenie* należy stwierdzić iż, tematyka niniejszej rozprawy obsadzona jest w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, a kierunek przyjętych rozważań jest jak najbardziej słuszny i prawidłowy oraz adekwatny do dziedziny nauk inżynieryjno-technicznych.

W **rozdziale drugim** *Cykl publikacji. Metodyka badań, wyniki, dyskusja i analiza otrzymanych wyników* Doktorantka przedstawiła cykl czterech publikacji, które prezentują etapy algorytmu postępowania mającego na celu opracowanie metodyki przetwarzania danych pozyskanych z BSP dla wykrycia nietypowych przeszkód lotniczych.

W rozdziale 2.1 (bazujący na publikacji 1) Doktorantka przedstawiła rezultaty badań nad opracowaniem metody wyrównania jednoszeregowego bloku zdjęć pozyskanych z niskiego pułapu dla terenów niedostępnych. W badaniach wykorzystano dwie metody: autorskie podejście do wykorzystania punktów wiążących w procesie wyrównania oparte na zmodyfikowanej metodzie regresji liniowej oraz podejście oparte na optymalizacji nieliniowej i zastosowaniu zmodyfikowanego algorytmu optymalizacyjnego LMP (Levenberg–Marquardt–Powell), który zaimplementowano w środowisku MATLAB. Autorka rozprawy w sposób bardzo szczegółowy opisała zastosowane przez siebie dwie wyżej wymienione metody badawcze.

Weryfikację metod przeprowadzono na podstawie danych rzeczywistych. Wyniki wygenerowane autorską metodą opartą na zmodyfikowanej metodzie regresji liniowej zostały porównane z wynikami wyznaczonymi przez zmodyfikowany algorytm LMP. Na podstawie przedstawionych wyników oraz ich analizy stwierdzono, iż zmodyfikowany algorytm LMP wyznacza nieznacznie lepsze wyniki wyrównania niż zaproponowana autorska metoda. Sposób weryfikacji opracowanych metod potwierdził słuszność hipotezy pierwszej (H1).

W rozdziale 2.2 (bazujący na publikacji 2) Doktorantka zaproponowała metodę zwiększającą dokładność pozycjonowania bezzałogowych statków powietrznych wyposażonych w odbiorniki jednoczęstotliwościowe. Swoje badania przeprowadziła w oparciu o dwie metody. Pierwsza metoda przedstawia klasyczne podejście do pozycjonowania bezzałogowych statków powietrznych oparte na metodzie SSP (ang. Single Point Positioning) z użyciem danych z nawigacji GPS. Metoda ta została użyta do weryfikacji wyników generowanych przez drugą metodą zaproponowaną przez Autorkę rozprawy. Druga metoda uwzględnia algorytm SSP z użyciem produktów IGS. Wyniki oraz ich analiza zostały przedstawione przez Doktorantkę w sposób czytelny. Sposób weryfikacji opracowanej metody potwierdził słuszność hipotezy drugiej (H2).

W rozdziale 2.3 (bazujący na publikacji 3) Doktorantka zaproponowała metodę detekcji przeszkód lotniczych o wydłużonych kształtach zlokalizowanych w otoczeniu lotniska. Badania przeprowadziła w oparciu o zmodyfikowany algorytm RANSAC (ang. Random Sample Consensus) i autorski algorytm klasyfikacji przeszkód lotniczych na podstawie chmury punktów. Autorka rozprawy w sposób szczegółowy opisała wyżej wymienione algorytmy. Rozdział jest napisany w sposób czytelny, wyniki oraz ich analiza nie budzą moich wątpliwości. Sposób weryfikacji opracowanej metody potwierdził słuszność hipotezy trzeciej (H3).

W rozdziale 2.4 (bazujący na publikacji 4) mgr inż. M. Lalak opracowała metodę automatycznej detekcji i klasyfikacji nietypowych przeszkód lotniczych w oparciu o algorytm Yolov3 bazujący na sieci neuronowej CNN i autorski algorytm klasyfikacji chmury punktów. Szczegółowo opisała wyżej wymienione algorytmy. Weryfikacja algorytmów została zrealizowana poprawnie, a sposób weryfikacji opracowanej metody potwierdził słuszność



hipotezy czwartej (H4).

Pod względem zawartych treści rozdział ten ujmuje wszystkie istotne elementy z punktu widzenia omówienia poszczególnych artykułów i ich zawartości w aspekcie zastosowanych metod i technik badawczych. Pewne niezrozumienie budzi podział rozdziału 2 na część wiszącą pod samym rozdziałem zawierająca tytuły artykułów i krótkie informacje o ich zawartości oraz na podrozdziały 2.1-2.4 opisujące merytoryczne treści poszczególnych artykułów. Komentarza Autorki rozprawy wymagają podpisy pod rysunkami odnośnie źródeł. Pod wszystkimi rysunkami w rozdziałach w jęz. polskim jako źródło wskazano „*opracowanie własne*”, natomiast w większości są to rysunki zaczerpnięte z artykułów stanowiących cykl publikacji, które są współautorskie.

W **rozdziale trzecim Wnioski**, mgr inż. M. Lalak podsumowała wyniki swoich badań, które potwierdziły postawioną tezę i hipotezy badawcze. Całość rozdziału jest spójna i wskazuje na aplikacyjność zaproponowanego podejścia, chociaż nadmiarowe wydaje się powtórzenie w całości problemu badawczego, tezy i hipotez badawczych. Większą wartością dla pracy byłoby wskazanie wniosków z podziałem na wnioski w sferze teoretycznej i aplikacyjnej oraz wskazanie kierunków dalszych badań. Proszę o komentarz w tej kwestii podczas publicznej obrony.

Praca kończy się wykazem literatury liczącym 75 pozycji, które staranie dobrano i zestawiono. Zbiór ten stanowi cenne kompendium wiedzy w zakresie problematyki detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych.

Podsumowując powyższy układ recenzowanej rozprawy należy stwierdzić, iż układ pracy jest logiczny, a wywód naukowy prowadzony jest konsekwentnie, co świadczy o dojrzałości naukowej Doktorantki.

## 5. OCENA ROZPRAWY

Rozprawa, chociaż oparta o artykuły naukowe, ma w części polskojęzycznej formę dość spójnego opracowania, a jej układ należy uznać za odpowiedni dla dysertacji tego typu.

Na podstawie analizy treści rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Marty Lalak uważam, że postawiony przez Autorkę rozprawy problem badawczy ma charakter dysertabilny i w pełni nawiązuje do współczesnych osiągnięć naukowych dotyczących tematyki detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych. U podstaw opracowania rozprawy leżą publikacje współautorskie Autorki stanowiące spójny tematycznie cykl, w którym dążyła do zbadania postawionego problemu, tj.: *Jakie algorytmy przetwarzania danych pozyskanych z niskiego pułapu należy zastosować, aby wykryć i sklasyfikować nietypowe przeszkody lotnicze zgodnie z wymaganiami dokładnościowymi zawartymi w dokumentach EUROCONTROL i ICAO.* Widoczny jest konsekwentny rozwój koncepcji proponowanych przez Doktorantkę w kolejnych publikacjach i umiejętne wykorzystanie wyników badań własnych oraz innych badaczy.

Należy stwierdzić, że Pani mgr inż. Marta Lalak porusza się swobodnie w badanej tematyce, wykazuje umiejętność samodzielnego zdefiniowania problemu naukowego i prowadzenia badań, potrafi interpretować wyniki uzyskane w badaniach. Zaprezentowane w rozprawie rozważania potwierdziły wysoką dojrzałość naukową Doktorantki.

W świetle przeglądu literatury dotyczącej wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych oraz na podstawie wyników opisanych w rozprawie stwierdzam, iż przedstawiona przez Doktorantkę „*Metodyka opracowania danych pozyskanych z niskiego pułapu na potrzeby detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych*” jest oryginalnym podejściem, które





można zastosować do minimalizacji ryzyka wypadków w transporcie lotniczym.

Ze względu na swój charakter rozprawa nie zawiera ujednoczonego przeglądu literatury/stanu wiedzy, ale jest on skutecznie ujawniany w kolejnych rozdziałach, wraz z przedstawianiem kolejnych elementów tematu. Wdrożone przez Doktorantkę podejście jest spójne i sprawia, że rozprawa jako całość jest czytelna w odbiorze. Język zastosowany w rozprawie jest poprawny. Fragmenty pisane w języku polskim nie odbiegają znacznie poziomem od części pisanych w języku angielskim.

Dobór artykułów, a także ich opracowanie do postaci spójnej rozprawy, jej podział na rozdziały i podrozdziały oraz sformułowanie hipotez badawczych i wniosków są, ogólnie, prawidłowe i logiczne. W poszczególnych publikacjach widoczny jest wyraźny podział na część analityczną, określającą bieżący stan wiedzy, część metodologiczną oraz część praktyczną, w której Doktorantka przedstawiła swoje badania oraz ich wyniki. Badania zostały odpowiednio udokumentowane za pomocą grafik oraz tabel.

Stwierdzam zatem, że struktura cyklu artykułów, a także powstałego z nich opracowania, odpowiada charakterowi dysertacyjnemu, a język artykułów i ich umocowanie w aktualnym stanie wiedzy świadczą o dobrej znajomości podjętej przez Doktorantki problematyki.

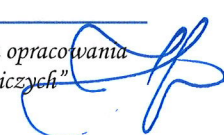
Za główne osiągnięcie Pani mgr inż. Marty Lalak uważam:

1. Wkład w rozwój narzędzi badawczych wspomagających proces wykrywania i klasyfikacji przeszkód lotniczych w bliskim otoczeniu lotniska.
2. Opracowanie metody wyrównywania jednoszeregowego bloku zdjęć pozyskanych z niskiego pułapu dla terenów niedostępnych. tj. autorskiej metody opartej na zmodyfikowanej metodzie regresji liniowej oraz metody opartej na zmodyfikowanym algorytmie optymalizacyjnym LMP.
3. Opracowanie metody do zwiększenia dokładności pozycjonowania BSP wyposażonych w odbiorniki jednoczesnościowe opartej na algorytmie SSP z użyciem produktów IGS.
4. Opracowanie metody automatycznej detekcji i klasyfikacji nietypowych przeszkód lotniczych tj. o wydłużonych kształtach opartej na zmodyfikowanym algorytmie RANSAC (ang. Random Sample Consensus) i autorskim algorytmie klasyfikacji przeszkód lotniczych na podstawie chmury punktów.

Dokonując oceny układu rozprawy, stwierdzam, iż jej ogólna forma i zakres wynikają z realizacji celu rozprawy. Kolejność poszczególnych rozdziałów należy uznać za niebudzącą większych zastrzeżeń. Nie budzi większych również większych zastrzeżeń struktura poszczególnych rozdziałów. Jedynie dyskusyjny jest brak podziału pierwszego oraz trzeciego rozdziału na podrozdziały, co zostało zawarte w punkcie 4 recenzji. Odnosząc się do całości należy uznać, że dostrzegalna jest logika badań, jak również logika w prezentacji osiągniętych efektów badań. Z metodologicznego punktu widzenia, badania podjęte i przeprowadzone w dysertacji należy ocenić pozytywnie.

Pozytywnie należy również ocenić pisarskie ujęcie wyników badań. Ogólnie, praca napisana jest dobrym językiem chociaż pojawiają się drobne błędy stylistyczne, czy interpunkcyjne. Uważam, że Autorka rozprawy wykazała, iż nie tylko potrafi zebrać materiał, uporządkować go, ale również zaprezentować w formie pożądanej dla prac naukowych, tj. zbiorów ilustracji, rozważań w postaci rysunków i tabel, które pozwalają zarówno na pełniejszy opis podejmowanych kwestii, jak i na zrozumienie opisywanego problemu.

Podsumowując ocenę dysertacji Pani mgr inż. Marty Lalak stwierdzam, że konstrukcja





rozprawy oraz sposób opracowania materiału empirycznego, a także forma przeprowadzonej analizy i przyjęta metodyka badań są dobre i właściwe dla tego rodzaju prac. Autorka rozprawy wykazała się ogólną wiedzą teoretyczną, dobrą znajomością przedmiotu badań oraz opanowaniem metod stosowanych w dyscyplinie **Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport**. Dobrane metody badawcze i sposób ich zastosowania pozwoliło na osiągnięcie założonego cel rozprawy.

## 6. PYTANIA SZCZEGÓŁOWE I UWAGI KRYTYCZNE

Analiza tekstu rozprawy rodzi kilka pytań szczegółowych, które nasunęły się w trakcie czytania. Odpowiedzi na poniższe pytania oczekuję podczas publicznej obrony:

*Pytania do treści rozprawy:*

1. Na jakiej podstawie przyjęto rozkład normalny dzięki któremu wyznaczono przedział ufności dla współrzędnych X, Y, Z fotopunktów i punktów kontrolnych opisany wzorem (1)?
2. Czy opracowaną metodę pozycjonowania bezzałogowych statków powietrznych opartą na algorytmie SSP z użyciem produktów IGS można zastosować do innych gałęzi transportu np. pozycjonowanie pojazdów w transporcie drogowym czy kolejowym?
3. Czy opracowane metody detekcji przeszkód lotniczych mogą być wykorzystane w warunkach działań militarnych. Jeżeli nie, to co należy zmodyfikować do ich zastosowania?
4. Ze względu na brak przedstawienia kierunków dalszych badań, proszę o wskazanie przyszłych prac nad rozwojem opracowanej metodyki.
5. Ze względu na brak informacji o merytorycznym wkładzie Pani w każdy z artykułów (podano tylko procentowy udział) stanowiących spójny cykl publikacji, o wskazanie głównych zagadnień, którymi Pani się zajmowała w poszczególnych artykułach. Czy artykuły były efektem pracy w projektach.? Jeśli tak to jakich?

W pracy dostrzeżono niedociągnięcia, które nie wpływają na ocenę merytoryczną rozprawy, stanowią jedynie pewne niedociągnięcia edytorskie czy upraszczające. Wśród nich należy wymienić m.in.:

- w rozprawie występują drobne błędy edycyjne, interpunkcyjne i pomyłki literowe. Doktorantka ma tendencje do budowania bardzo długich zdań. Uciążliwe w odbiorze niektórych treści rozprawy są również długie akapity bez podkreślenia treści istotnych z punktu realizowanego celu badawczego,
- niefortunne łamanie tekstu – dużo stron z pustymi miejscami m.in. strony:14, 23, 26, 28, 36, 37, 49,
- str. 21 tekst wiszący – rozdz. 2. Na ogół, w tego typu pracach, część wprowadzająca do rozdziału też jest numerowana, np. Uwagi ogólne, Założenia ogólne itp..
- str. 32 zmienne zdefiniowane we wzorze (1) nie odpowiadają zmiennym objaśnionym w opisie tego wzoru np.  $S(x)$  i  $S$ .
- str. 48 wzór (13), brak zdefiniowania parametru  $t$ .
- brak konsekwencji w nazewnictwie np.  $CS$ ,  $CS_t$  (str. 48-49),  $d$  i  $d_i$  (str.51),  $C$ ,  $C_i$  (str. 56, 57, 58),  $d_i$ ,  $d_i$ .
- wzór (18), (19), brak zdefiniowanego wskaźnika  $i$  przy symbolu sumy.

Sformułowane powyżej uwagi i pytania nie wpływają na ocenę merytoryczną, jedynie





porządkują niektóre elementy rozprawy oraz ukierunkowują przyszłe prace Pani mgr M. Lalak.

## 7. WNIOSEK KOŃCOWY

Uważam, że przedstawiona do recenzji rozprawa została wykonana na dobrym poziomie merytorycznym. Wyznaczony przez Panią mgr inż. Martę Lalak cel rozprawy został osiągnięty a teza badawcza udowodniona.

Dokonując oceny całości rozprawy wyrażam opinię, iż stanowi ona oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, wskazując na odpowiedni poziom wiedzy teoretycznej jej Autorki w reprezentowanej dyscyplinie nauki, dobrą znajomość przedmiotu badań, zdolność do analitycznego spojrzenia na rozpatrywany problem oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

Reasumując, stwierdzam, że rozprawa Pani mgr inż. Marty Lalak pt. *„Metodyka opracowania danych pozyskanych z niskiego pułapu na potrzeby detekcji i klasyfikacji wybranej grupy przeszkód lotniczych”* prezentuje wymaganą ogólną wiedzę teoretyczną Doktorantki w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport oraz dowodzi umiejętności prowadzenia badań naukowych. Rozprawa w postaci cyklu publikacji przedstawia oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, tym samym spełnia wymagania art. 13 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. „o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki” (Dz. U. 2003 Nr 65 poz.595, z późn. zm.) i Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. z 2020 r. poz. 85 z późn. zm.) oraz **mieści się w dyscyplinie naukowej *Inżynieria lądowa, geodezja i transport.***

**Stawiam wniosek o przyjęcie opracowania przedstawionego do recenzji jako rozprawy na stopień doktora nauk w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport i dopuszczenie Pani mgr inż. Marty Lalak do publicznej obrony.**

  
Prof. dr hab. inż. Marianna Jacyna