

Recenzja rozprawy doktorskiej mgr Oktawii Specht

pt. „Metoda monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych pozyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych”.

1. Przedmiot pracy

Temat rozprawy doktorskiej podjęty przez doktorantkę dotyczy problematyki opracowania metody monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej akwenu wykorzystującej do tego celu fuzję punktów geoprzestrzennych rejestrowanych przy wykorzystaniu bezzałogowych platform pomiarowych.

Doktorantka skupiła się przy tym na badaniu jakości pozyskiwanych danych pomiarowych pod kątem spełniania przez nie wymagań kategorii specjalnej Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej. Założyła, iż wykorzystane zostaną do tego celu platformy bezzałogowych jednostek pływających i latających wyposażonych w sensory pomiarowe do gromadzenia danych geoprzestrzennych. Dane gromadzone z natury są niejednorodne i w celu osiągnięcia wyniku końcowego poddawane są fuzji wielomodalnej.

Doktorantka zasugerowała, że dotychczasowe metody pozyskiwania danych batymetrycznych oparte są tak naprawdę o wartości interpolowane, zatem w jakimś sensie, nie są to wartości dosłownie rzeczywiste. Z tego powodu widzi potrzebę poszukiwania nowych rozwiązań dostarczającej dokładniejszych danych, danych rzeczywistych.

Z problemem badawczym postawionym przez doktorantkę przed sobą należy się zgodzić, ponieważ rzeczywiste dane, dokładniejsze dane, doprowadzą do powstania bardziej wiarygodnych (zbliżonych do rzeczywistych obiektów przestrzennych) modeli przestrzennych przez co z pewnością będzie sprzyjać większemu bezpieczeństwu nawigacji, czy też wiarygodności informacji udostępnianych użytkownikom. Należy stwierdzić, jeżeli technologia pozwala na to ... to należy z niej umiejętnie korzystać. Tą drogą podążyła doktorantka.

Końcowym wynikiem poszukiwania jest zatem obraz, czy też model ukształtowania strefy brzegowej akwenu powstały na podstawie zarejestrowanych danych geoprzestrzennych.

Doktorantka w swej metodzie oparła się na pozyskiwaniu danych z różnych sensorów umieszczonych na pokładach platform pomiarowych. Zalicza do nich echosondy jedno i wielowiązkowe, kamery fotogrametryczne, LIDAR (mobilny jak i lotniczy skanিং laserowy).

Dane pozyskane z tych sensorów są następnie przetwarzane przez trzy odrębne moduły, do których zaliczany jest moduł do obróbki danych głębokowodnych, moduł do obróbki danych płytkowodnych i moduł do wyznaczania linii brzegowej. W przypadku modułu do obróbki danych głębokowodnych doktorantka przyjmuje, że tak naprawdę jedynym źródłem danych

geoprzestrzennych, czy też informacji będzie sonda wielowiązkowa. Powyższe moduły przyjętej metody doktorantka przedstawia na stronie 85 swoje rozprawy. Należy zwrócić uwagę tutaj, iż każdy z modułów w trakcie obróbki danych przewiduje operację usuwania ręcznych danych. Z tego powodu w jakimś sensie oznacza to, że jakość wyniku, czy też danych końcowych będzie uzależniona od kompetencji, wiedzy i umiejętności osoby lub osób, które te dane będą usuwały. Powstać może też pytanie, czy jednostkowa dana odstająca od jednorodnego zbioru może być anomalią ... czy też jednak jakimś pojedynczym, rzeczywistym obiektem. Taka sytuacja jednak jest prawdopodobna (pionowa tyczka, rura, element infrastruktury itd.). Zapewne możliwe byłoby tutaj zastosowanie modułu sztucznej inteligencji, który dokonywałby takiej autokorekty no, ale to nie wchodzi w zakres pracy.

Ostatnim etapem prowadzącym do generowania kształtu dna w strefie brzegowej jest zaproponowany moduł wielosensorycznej fuzji danych. Dokonuje on fuzji danych pozyskanych niezależnie z trzech modułów to jest głębokowodnego, płytkowodnego i linii brzegowej. W pierwszej kolejności dokonuje selekcji obszaru, dalej tworzy siatkę GRID, ustala punkty geoprzestrzenne na bazie metody średnich ważonych, dzięki którym wyznaczone są przebiegi izobat dla poszczególnego głębokości oraz sama linia brzegowa.

Autorka rozprawy wraz z prezentacją proponowanej metody monitoringu przedstawia częściowe wyniki testów wykonanych na akwenu morskim przyległym do plaży miejskiej Gdyni. Prace testowe zostały wykonane 23 sierpnia 2023 roku. Testy zostały wykonane także w ramach 2 kampanii pomiarowych jednodniowej w czerwcu 2022 roku oraz czterodniowej w listopadzie 2023 w roku.

Obydwie kampanie doprowadziły do utworzenia modeli akwenów morskich o rozmiarze ok 100m na 500m i głębokościach od 0 do 1,7m. Autorka wykorzystała przy tym zarówno platformę pływającą „AutoDron” oraz drona DJI Phantom 4 RTK. Dokładność określania położenia np. linii brzegowej została osiągnięta na poziomie 6-7 cm, natomiast głębokości 1 cm.

Dodatkowo testy zostały przeprowadzone na wybranym akwenu jeziora Kłodno, na którym wykonała 3 kampanie w okresach 2-3 czerwca 2022, 01.08-2.10.2023 oraz 14.08.2024. Autorka nie wyjaśnia na czym polegała specyfika zwłaszcza drugiej kampanii z 2023 roku, która w stosunku do pierwszej 2 dniowej i trzeciej 1 dniowej trwała aż 2 miesiące. W tej kampanii wykorzystano z kolei jednostkę wodną HydroDron-1 oraz AutoDron oraz bezzałogowy statek powietrzny Aurelia X8 standard oraz do określenia punktów referencyjnych odbiornik geodezyjny Trimble R10. Dokładności pomiarów uzyskane w kampanii na jeziorze są zbliżone do tych uzyskanych na akwenu morskim. Różnicą są jedynie głębokości, które w tym przypadku mierzono do wielkości 11 metrów przy wykorzystaniu echosondy wielowiązkowej.

Autorka zgromadzone dane pomiarowe wykorzystała w analizie ilościowej wyników. W pierwszej kolejności obliczyła różnice głębokości między punktami pomiarowymi a punktami, które zostały wygenerowane w numerycznym modelu terenu, wyznaczyła miary statystyczne takie jak: średnia, minimalna maksymalna wartość, rozstęp oraz rozstęp ćwiartkowy. Wyznaczyła średnie arytmetyczne, średnie błędy względne oraz

średniokwadratowe i współczynniki determinacji. Ostatecznie wygenerowała przestrzenne modele badanych akwenów.

Doktorantka wyznaczyła błędy określenia głębokości w modelu NMT przy których blisko 91% uzyskanych danych jest poniżej 0,25m. Można założyć, że wartość ta nie jest duża, a wręcz bardzo mała natomiast biorąc pod uwagę, iż głębokości badanego akwenu wynosiły nie więcej niż 1,7 m to relatywnie jest to jednak wartość znacząca. Błędy powyżej 0,25 m stanowią 9 proc wszystkich uzyskanych danych natomiast biorąc pod uwagę, że większość głębokości dla tych błędów znajdują się między izobatami od 0,39 m do 0,95 m to wartość tego błędu jest niepokojąco duża, ponieważ może zbliżać się nawet do 100% wartości danej głębokości.

Nie mamy też jasnej informacji, jaka występowała wartość falowania oraz czy i w jakim stopniu efekt ten wpływał na uzyskiwane wyniki pomiarów.

Streszczając dokonania doktorantki stwierdza, iż przeprowadziła ona badania rzeczywiste potwierdzające słuszność przyjętej tezy, która stanowi, że proponowana metoda monitoringu batymetrycznego na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych uzyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych umożliwi uzyskanie jakości danych wymaganej dla kategorii specjalnej Międzynarodowej Organizacji Hydrograficznej. W ten sposób doprowadziła do osiągnięcia postawionego celu swej pracy. Ten cel został zdefiniowany jako opracowanie metody monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych uzyskanych przy pomocy sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych.

Rekapituluując tą część recenzji pracy stwierdzam jednoznacznie, iż autorka opracowała metodę monitoringu batymetrycznego, który umożliwia tworzenie dokładnych modeli strefy brzegowej na podstawie danych geoprzestrzennych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych. Odnotowała przy tym sporadyczne błędy pomiaru przekraczające wielkość 0,25 metra. Zastosowany algorytm SVR okazał się w praktyce bardziej użyteczny zwłaszcza w obszarach trudno dostępnych dla platformy pływającej takie jak na przykład obszary o głębokości poniżej 1 m.

Należy też zauważyć, co podkreśla autorka, iż przyjęta metoda średnich ważonych jest bardziej efektywna przy redukcji nadmiernych zbiorów danych geoprzestrzennych.

2. Układ pracy

Praca składa się z wykazu ważniejszych oznaczeń i skrótów, wstępu, 3 zasadniczych rozdziałów, wniosków końcowych, bibliografii, wykazów rysunków i tabel oraz streszczenia. Ogółem praca liczy 161 stron.

We wstępie (4 strony) autorka przedstawia krótką specyfikę planowania pomiarów hydrograficznych. Wskazuje zwłaszcza na ich dynamiczny charakter odróżniający je od statycznych pomiarów geodezyjnych. Nawiązuje do wykorzystywanych technologii pozycjonowania. Zarysowuje specyfikę pomiarów batymetrycznych, w tym konieczności wykorzystania różnego typu urządzeń i sensorów, które muszą być inne w zależności od

głębokości i dostępności badanego akwenu. Wskazuje, iż specyfika aktualnych pomiarów batymetrycznych pozwala na wykorzystanie różnego rodzaju urządzeń, które pozwalają na zarejestrowanie bardzo dużych zbiorów danych geoprzestrzennych. Wprowadza także czytelnika do charakterystyki pomiarów realizowanych za pomocą bezzałogowych platform zarówno pływających jak i latających, które mogą być wyposażone w różnego rodzaju sensory. Pokazuje też w ten sposób jak wiele danych geoprzestrzennych można rejestrować przy pomocy różnych sensorów, które oczywiście będą różne co do jakości, zakresu i specyfiki. Sygnalizuje jednocześnie w jaki sposób te zbiory można inteligentnie łączyć ze sobą.

W dalszej części przedstawia krótki przegląd pracy. Przedstawia przeprowadzony zakres badań i proces walidacji, jest świadoma ograniczeń metody. Ostatecznie przedstawia wnioski końcowe.

W rozdziale 1 (objętość 38 stron). Analiza metod integracji danych hydrograficznych i optoelektronicznych stosowanych w hydrografii. Autorka przedstawia analizę metod pozyskiwania danych przy użyciu urządzeń hydroakustycznych i optoelektronicznych. Wskazuje tutaj na różnego rodzaju echosondy w tym jednowiązkową i wielowiązkową charakteryzując specyfikę pomiarów z ich wykorzystaniem. W dalszej kolejności rozdziału charakteryzuje dane pozyskiwane przy użyciu urządzeń optoelektronicznych w pomiarach batymetrycznych i tutaj wskazuje na kamerę fotogrametryczną oraz na Lidar. Przeprowadza też przegląd i analizę istniejących metod modelowania powierzchni terenu, w tym sposób budowy modeli terenu, numerycznych modeli terenu i ostatecznie w jaki sposób budowana jest siatka terenu typu GRID. Pokazuje w jaki sposób buduje się regularną siatką kwadratów pokrywającą równomiernie zadany obszar geograficzny.

Następnie autorka pokazuje zasady i metody fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych, które mogą być stosowane w pomiarach batymetrycznych w tym samą fuzję danych, fuzję zdecentralizowaną i fuzję scentralizowaną

Rozdział drugi (objętość 48 stron) „Metoda monitoringu strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych” (pkt. 2 spisu treści).

Ten rozdział pracy autorka poświęca na szczegółowy opis proponowanej metody. Opisuje etapy opracowania analizy danych geoprzestrzennych pozyskanych przy użyciu bezzałogowych platform pomiarowych.

W tym pokazuje w jaki sposób opracowywane są pozyskiwane dane głębokościowe pozyskane z echosond jednowiązkowej i wielowiązkowej.

Autorka pokazuje tutaj w jaki sposób pomiarom echosondami jedno lub wielowiązkową przypisywane są współrzędne prostokątne płaskie zróżnicowanych pomiarów GNSS RTK oraz głębokości rejestrowane przez urządzenia hydroakustyczne. Tym miejscu szeroko odnosi się do metod stosowanych w tego rodzaju pomiarach odnosząc się jednocześnie do literatury przedmiotu.

Autorka przeprowadza nas przez cały proces pozyskiwania danych, który nie tylko opisany jest teoretycznie, ale także praktycznie, który sama wykonała na akwenach pomiarowych zarówno morskim jak i śródlądowym. Pokazuje całą technikę poczynwszy od rejestracji danych

poprzez obróbkę danych, aż do wygenerowania numerycznych modeli z terenu, w tym siatek GRID.

Przedstawia także inne sensory, w tym sensory rejestrujące obrazy badanych obszarów. Tutaj wymieniona jest kamera fotogrametryczna, która przeznaczona jest do generowania chmury punktów przy użyciu techniki SfM, która w późniejszym etapie wykorzystywana jest do określania głębokości z wykorzystaniem dalszej metody SVR.

Podobnie jak w poprzednim wypadku autorka przeprowadza studium literaturowe proponowanej metody, a w dalszej kolejności także jej praktyczne zastosowanie podczas praktycznych pomiarów wykonanych na analizowanych akwenach, które doprowadziły ją do powstania obrazów tychże akwenów.

Szczególne uwagę też poświęca w dalszej fazie rozdziału na sposobie ekstrakcji linii brzegowej na podstawie danych Lidar oraz lotniczego skaningu laserowego. I znowu przedstawia wyniki praktycznych pomiarów zrealizowanych zarówno na akwencie morskim jak i na jeziorze, gdzie doprowadza do wygenerowania linii brzegowej na podstawie punktów uzyskanych Lidar'em z ALS oraz punktów GCP dla tychże akwenów testowych. Uzyskuje także linię brzegową z danych Lidar wykonanych z mobilnego skaningu oraz na podstawie analizy ortofotomapy.

Właśnie w tym rozdziale na stronie 85 autorka przedstawia diagram szczegółowy swojej metody, który składa się z 3 dużych części odrębnych dla sytuacji określania danych głębokowodnych, danych płytkowodnych i wyznaczania linii brzegowej.

Z kolei na stronie 89 pracy autorka przedstawia moduł wielosensorycznej fuzji danych, który to moduł integruje dane zgromadzone z 3 poprzednich etapów gromadzenia danych, czyli dane głębokowodne, dane płytkowodne oraz dane dotyczące linii brzegowej. W efekcie realizacja tego modułu doprowadza do ukształtowania modelu strefy brzegowej.

Kolejnym etapem przedstawionym w rozdziale jest pokazanie opracowanego modułu wielosensorycznej fuzji danych dostosowanych do środowiska GIS, co zaprezentowane zostało na stronie 94 pracy.

Kolejny 3 rozdział pracy (pkt. 3 spisu treści, objętość 45 stron) zatytułowany „Badanie i weryfikacja metody modelowania powierzchni terenu w strefie brzegowej” zawiera szczegółowe informacje nt. sposobu prowadzenia prac pomiarowych, ich specyfiki, techniki, ograniczeń, także działań praktycznych - „niuansów”.

Celem tej części pracy według autorki była ocena dokładności i zaproponowanej metody modelowania powierzchni terenu w strefie brzegowej.

Warto podkreślić, co autorka wskazuje, iż w przeprowadzanych testach pomiarów na akwenach morskim i lądowym w różnych okresach, i w różnych wymiarach, i w różnych interwałach czasowych nie zostały przeprowadzone one z użyciem jednocześnie pomiaru z wykorzystaniem wszystkich dostępnych sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych. W tym sensie ograniczyło to dokonania pełnej analizy otrzymanych modeli fuzji danych średnich ważonych. Z tego powodu tą „zaległość” postanowiła „naprawić” i w jednej dodatkowej kampanii pomiarowej jeden dzień został poświęcony do wykorzystania każdego dostępnego sensora do zebrania danych geoprzestrzennych. Celem tego podejścia była realizacja pełnej fuzji danych.

W dalszych szczegółach, w rozdziale, autorka przedstawiła realizację i opracowanie pomiarów w strefie brzegowej, w tym opisała miejsca realizacji pomiarów, kampanie przeprowadzone na akwenu morskim przyległym do plaży miejskiej w Gdyni, a także kampanie pomiarowe przeprowadzone na wodach śródlądowych, na jeziorze Kłodno.

W rozdziale autorka przeprowadza kompleksowe omówienie realizacji pomiarów, aparaturę, która była wykorzystywana, a także powstałe modele fuzji danych średnich ważonych. Rozdział kończy opracowanie ilościowe osiągniętych rezultatów dla każdej z realizowanej kampanii pomiarowej.

Autorka wskazuje jednoznacznie, iż zaproponowana przez nią metoda monitoringu batymetrycznego umożliwia tworzenie dokładnych modeli strefy brzegowej, na podstawie danych geoprzestrzennych uzyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych.

Wnioski końcowe pracy (objętość 3 strony) zawierają podsumowanie pracy, odniesienie do opracowanej metody monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych przestrzennych uzyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych.

Ostatecznie autorka na podstawie weryfikacji skuteczności opracowanej metody fuzji przedstawia wnioski, które świadczą o dysertabilności pracy. Pośród nich znajdujemy stwierdzenie, że metoda umożliwia redukcję nadmiaru danych geoprzestrzennych, została zweryfikowana na wodach morskich i śródlądowych, jest to metoda parametryczna, której skuteczność zależy od doboru parametrów. Podaje także ograniczenia metody, z którymi należy się zgodzić.

Dalej przedstawia kierunki i zakresy dalszych badań, które powinny być realizowane w tym obszarze w tym zauważa konieczność rozwoju algorytmów głębokiego uczenia wspierających procesy identyfikacji linii brzegowej i wyznaczania głębokości na podstawie chmury punktów lub ortofotomapy. Jest to ciekawa prognoza (głęboko ją wspieram) gdyż jeżeli udałoby się osiągnąć takie efekty to tak naprawdę monitoring batymetrii strefy brzegowej byłby w pełni zautomatyzowany. Jest to istotne dla sytuacji, gdy strefie brzegowej konieczna byłaby identyfikacja obiektów niebezpiecznych, które w sposób nieoczywisty, nagle mogłyby zostać dostarczone tam przez inne bezzałogowe platformy pływające, zwłaszcza sąsiedztwie lokalizacji elementów morskiej infrastruktury krytycznej.

3. Literatura

Literatura przedmiotu jest bardzo szeroka, liczy 197 pozycji. Zdecydowaną większość stanowią pozycje zagraniczne (angielskojęzyczne). Literatura jest aktualna. W treści pracy znajdują się odniesienia do wszystkich pozycji wskazanych w literaturze. W spisie literatury występują pozycja autorki, bardzo silnie związane merytorycznie z tematem pracy pt. „Concept of an innovative system for dimensioning and predicting changes in the coastal zone topography using UAVs and USVs” oraz 6 innych także odnoszących się do tematu pracy (autorka Lewicka O. – zapewne poprzednie nazwisko doktorantki). Na uwagę zasługuje

wymienienie także co najmniej 8 pozycji promotora, które świadczą o silnym związku merytorycznym, zaangażowaniu w realizowane badania, osoby promotora z tematem pracy.

4. Ocena formalnej strony pracy

4.1. Poprawność języka i inne uwagi

Praca jest bardzo dobrze sformatowana i poprawna w swej formie. Jej strona estetyczna jest bardzo dobra. Jest to mocna strona pracy. W zakresie techniki pisania prac, formatu, kompletności, kolejności wyводу, podziału objętościowego, czytelności rysunków i diagramów, cytowań itd., praca może stanowić wzór do naśladowania.

Autorka popełniła kilka mniej istotnych błędów. Dla przykładu na str. 8 rozprawy wymieniając katalog celi cząstkowych już przy pierwszym z nich należy zwrócić uwagę na nieodpowiedni styl. Do tego sam cel nie jest specyficzny tzn. nie jest wskazany spodziewany efekt podejmowanej pracy szczegółowej, ponieważ stwierdzenie „charakterystyka danych pozyskanych przy użyciu urządzeń hydroakustycznych w optoelektrycznych w pomiarach batymetrycznych” o tym nie przesądza. Na jaki efekt końcowy liczy autorka realizując to zadanie? Raczej należałoby nazwać te cele szczegółowe po prostu zadaniami do wykonania, które metodycznie na pewno można zrealizować jak np. ostatni z nich tj. analizę ilościową autorskiej metody modelowania powierzchni terenu w strefie przetargowej...to jest zadanie do wykonania, a nie cel do osiągnięcia.

4.2. Technika pisania prac

Poziom techniczny pracy jest bardzo dobry. Staranność wykonania pracy i jej układ nie budzi zastrzeżeń.

4.3. Kompletność pracy

Praca składa się z spisu treści, spisu oznaczeń i skrótów, wstępu, trzech rozdziałów, wniosków, spisu literatury, rysunków i tabel, streszczenia. Praca jest kompletna. Występuje ciągłość myśli, dobra kolejność rozdziałów i bardzo dobra struktura pracy. Rozprawa doktorska została opatrzona krótkim streszczeniem w języku polskim i angielskim.

5. Ocena merytorycznej wartości pracy

Merytoryczna strona pracy jest bardzo dobra. Autorka przeprowadziła analizę literatury i stosowanych narzędzi metod określania batymetrii akwenów w odniesieniu do wymaganych standardów. Pokazała przy tym nowe możliwości wynikające z dostępności szerokiego katalogu sensorów, które to sensory mogą być instalowane na pokładach bezzałogowych platform zarówno pływających jak i latających. Platformy te odrębnie lub łącznie (jednocześnie) mogą być wykorzystywane do dokonywania pomiarów batymetrycznych

Autorka zaproponowała metodę pozyskiwania danych tak naprawdę składającą się z 3 różnych części, czy też modułów odrębny dla obszarów głębokowodnych, odrębny dla obszarów płytkowodnych, a także odrębny do wyznaczania przebiegu linii brzegowej ().

Do tego do opracowania modelu strefy brzegowej przedstawiła kolejny krok, którym jest fuzja wielomodalnych danych geoprzestrzennych.

Autorka zaproponowaną metodę przetestowała praktycznie w ramach przeprowadzonych kampanii pomiarowych zarówno na akwenie morskim – w szczegółach przyległym do plaży miejskiej Gdynia, a także na akwenie śródlądowym – w szczegółach na jeziorze Kłodno.

Metoda jest praktyczna, można być stosowana w szerokiej skali, może służyć do szybkiego sprawdzenia batymetrii przy pomocy bezzałogowych platform pływających i/lub latających, czy też stałego monitoringu batymetrycznego akwenów w szczególności płytkowodnym, co ważne jest dla zapewniania bezpieczeństwa na przykład infrastruktury krytycznej. Metoda w swym działaniu wymaga ingerencji bezpośredniej użytkownika przy oczyszczaniu danych. Wydaje się, że ten etap możliwy jest do realizacji przy wykorzystaniu metod uczenia maszynowego. Zatem widać, iż metoda posiada potencjał rozwojowy.

6. Podsumowanie

Podjęty przez doktorantkę temat pracy jest bardzo istotny z punktu widzenia zapewnienia bezpieczeństwa dla wszelkiej aktywności człowieka na akwenach morskich lub śródlądowych, czy też bezpieczeństwa np. infrastruktury krytycznej tam zlokalizowanej.

Warunkiem zapewniania bezpieczeństwa jest posiadanie pewnej, rzetelnej, aktualnej informacji o podstawie kartograficznej. Do tego dążymy do posiadania informacji na temat lokalizacji jakichkolwiek obiektów zalegających lub nowych, które nie zostały dotychczas właściwie zidentyfikowane. Zaproponowana przez autorkę metoda monitoringu batymetrycznego akwenów morskich i śródlądowych przy pomocy bezzałogowych platform pływających i latających pozwala w bardzo szybki i przystępny sposób pozyskać dane geoprzestrzenne, dalej zbudować zbiory danych wielomodalnych i dalej poprzez ich fuzję dokonać ekstrakcji i geoidentyfikacji. To bardzo duża i dobra wartość dodana pracy i samej zaproponowanej metody. Proponowana przez autorkę metoda ma praktyczne zastosowanie i posiada bardzo dobre cechy użyteczności.

W uzupełnieniu do przedłożonej rozprawy doktorskiej, w dniu publicznej obrony pracy proszę doktorantkę o:

1. Przeprowadzenie refleksji nad pojęciem „model” w kontekście własnej pracy i dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Czy cechą charakterystyczną modelu jest ogólność, czy może specyficzność?
2. Proszę zdefiniować różnicę między fuzją wielomodalnych danych, a wielosensoryczną fuzją danych.
3. Czy i w jaki sposób ograniczenia platform bezzałogowych (nie sensorów) ograniczają samą metodę? np. zasięg AutoDron’a wynoszący 1 km.

4. Czy możliwe jest zastosowania automatycznego narzędzia np. sztucznej inteligencji eliminacji danych odstających? Czy takie narzędzie musiałoby być dostosowane do specyfiki każdego modelu przedstawionego w pracy?

Rekapitulując stwierdzam, że przedstawiona rozprawa doktorska o temacie „Metoda monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych pozyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych” autorstwa mgr Oktawii Specht spełnia wymagania Art. 187. 1 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2024 r. poz. 1571, z późn. zm). Rozprawa doktorska prezentuje dobrze ogólną wiedzę teoretyczną doktorantki oraz umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej znajdującej zastosowanie w dyscyplinie naukowej inżynieria lądowa, geodezja i transport. Praca stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego.

Wnoszę o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.