

Streszczenie

Doktorant: mgr Oktawia Specht

Promotor: prof. dr hab. inż. Andrzej Stateczny

Tytuł rozprawy doktorskiej: Metoda monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych pozyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych

Niniejsza rozprawa doktorska koncentruje się na opracowaniu innowacyjnej metody tworzenia numerycznego modelu strefy brzegowej na podstawie danych geoprzestrzennych zarejestrowanych przy użyciu różnych sensorów. W opracowanej metodzie położono szczególny nacisk na pozyskanie wysokiej jakości danych głębokościowych do 1 m, co stanowi wyzwanie ze względu na zbyt duże zanurzenie załogowych jednostek hydrograficznych. Celem pracy było opracowanie metody monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych pozyskanych z wykorzystaniem sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych. Teza rozprawy opiera się na założeniu, że zaproponowana metoda umożliwi uzyskanie jakości danych wymaganej dla kategorii specjalnej IHO. Wymagania te są szczególnie istotne w strefie brzegowej, gdzie precyzyjne pomiary dna morskiego mają kluczowe znaczenie dla bezpieczeństwa nawigacji.

Realizując cel główny rozprawy, opracowano autorską metodę monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych geoprzestrzennych pozyskanych przy użyciu sensorów pokładowych bezzałogowych platform pomiarowych, takich jak: echosonda jednowiązkowa i wielowiązkowa, kamera fotogrametryczna oraz LiDAR z mobilnego i lotniczego skaningu laserowego. W ramach tej metody dane batymetryczno-fotogrametryczne zostały przetworzone z wykorzystaniem trzech modułów: opracowania danych głębokościowych, opracowania danych płytkowodnych i wyznaczania linii brzegowej. Po przetworzeniu danych geoprzestrzennych są one następnie integrowane przy użyciu autorskiej metody fuzji danych średnich ważonych, w której wagi dla poszczególnych źródeł danych są ustalane na podstawie dokładności pomiaru. Warto podkreślić, że w autorskiej metodzie zastosowano metodę ekstrakcji linii brzegowej wykorzystującą dane LiDAR i metodę SVR, która umożliwia pozyskanie głębokości płytkowodnych do 1 m na podstawie chmury punktów SfM z danych UAV.

Na potrzeby niniejszej rozprawy doktorskiej przeprowadzono pomiary batymetryczno-fotogrametryczne przy użyciu bezzałogowych platform latających i pływających na dwóch reprezentatywnych akwenach: morskim i śródlądowym. Opracowaną metodę zastosowano na danych zarejestrowanych podczas realizacji pięciu kampanii pomiarowych, z czego jedna była kampanią kompleksową, podczas której wszystkie dane pozyskano tego samego dnia, co umożliwiło wyeliminowanie wpływu zmiennych warunków hydrometeorologicznych na wyniki pomiarów. Dla każdej kampanii stworzono odrębny model fuzji danych średnich ważonych, który uwzględniał charakterystykę badanego akwenu. Stworzone modele zostały następnie poddane szczegółowej analizie ilościowej. Analiza ta pozwoliła na weryfikację skuteczności opracowanej metody fuzji.

Na podstawie przeprowadzonych badań wyciągnięto następujące wnioski:

- Opracowana metoda monitoringu strefy brzegowej na bazie fuzji wielomodalnych danych umożliwia redukcję nadmiernych danych geoprzestrzennych;
- Metoda ta została zweryfikowana zarówno na obszarach morskich, jak i śródlądowych, co potwierdzono w pięciu kampaniach pomiarowych;
- Metoda monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej jest metodą parametryczną. Jej skuteczność zależy od doboru parametrów przy opracowywaniu poszczególnych danych i tworzeniu modelu fuzji;
- Wzrost wykładnika potęgi w metodzie monitoringu batymetrycznego strefy brzegowej nie wpływa na dokładność opracowanego modelu fuzji danych średnich ważonych;
- Dane głębokościowe pozyskane przy użyciu metody SVR pozwoliły na bardzo duże pokrycie danymi w miejscach trudnodostępnych. Jednakże cechuje je najgorsza dokładność pomiaru głębokości ze wszystkich użytych sensorów;
- Na podstawie opracowanych modeli fuzji danych średnich ważonych stwierdzono, że wszystkie punkty pomiarowe z błędami określenia głębokości przekraczającymi 0.25 m zostały wygenerowane z wykorzystaniem metody SVR;
- Dane LiDAR z ALS i MLS przetworzone za pomocą zmodyfikowanej metody ekstrakcji linii brzegowej, które uwzględniają obecność przeszkód terenowych w pobliżu granicy lądu i wody, powinny zostać uzupełnione o dodatkowe dane. Dlatego też metoda wyznaczania linii brzegowej na podstawie ortofotomapy uznawana jest za główne źródło danych o jej przebiegu;
- Badania wykazały, że zaproponowana metoda ekstrakcji linii brzegowej pozwala na znacznie dokładniejsze wyznaczenie jej naturalnego przebiegu przy wykorzystaniu LiDAR-u mobilnego niż LiDAR-u lotniczego;
- Metoda średniej ważonej głębokości nie może być zastosowana na punktach linii brzegowej, ponieważ mają one zawsze tę samą głębokość (0 m). Z tego powodu postanowiono użyć metody średnich ważonych współrzędnych prostokątnych płaskich dla tych punktów;
- Na podstawie danych zarejestrowanych podczas kompleksowej kampanii pomiarowej opracowano model fuzji danych średnich ważonych z dokładnością określenia głębokości wynoszącą 0.111 m ($p=0.95$). Badania udowodniły, że zaproponowana metoda pozwala zdecydowanie spełnić minimalne wymagania dokładnościowe przewidziane dla kategorii specjalnej IHO;
- Do tworzenia modelu wykorzystuje się fuzję zdecentralizowaną, ponieważ w przypadku tego typu danych konieczny jest stały nadzór nad procesem integracji.

Przeprowadzona analiza ilościowa nie dała podstaw do odrzucenia tezy, że zaproponowana metoda monitoringu batymetrycznego umożliwi uzyskanie jakości danych wymaganej dla kategorii specjalnej IHO.

Słowa kluczowe: monitoring batymetryczny, strefa brzegowa, fuzja danych, dane geoprzestrzenne, bezzałogowy statek powietrzny (UAV), bezzałogowa jednostka pływająca (USV)