

mgr inż. Stanisław Hożyń

Zastosowanie stereoskopowego systemu wizyjnego w procesie sterowania bezzałogowym pojazdem podwodnym

Streszczenie rozprawy doktorskiej

Zupełnie nowe możliwości w dziedzinie sterowania ruchem bezzałogowych pojazdów podwodnych przy zadaniach inspekcyjnych obiektów hydrotechnicznych daje wykorzystanie stereoskopowych systemów wizyjnych. W obecnej dobie, zwiększone możliwości obliczeniowe współczesnych komputerów oraz malejące ceny czujników wizyjnych, przy jednoczesnym wzroście ich jakości, pozwalają na praktyczne zastosowanie takich rozwiązań w aplikacjach podwodnych. Z powyższych względów, celem niniejszej pracy było opracowanie całościowego systemu automatycznego sterowania ruchem bezzałogowego pojazdu podwodnego na podstawie informacji pozyskanej ze stereoskopowego systemu wizyjnego.

Rozprawa składa się z 7 rozdziałów, bibliografii oraz 5 załączników. Rozdział pierwszy stanowi wprowadzenie, w którym uzasadniono celowość podjętego w rozprawie problemu badawczego oraz sformułowano cel i tezę pracy, a także cele cząstkowe.

W rozdziale 2 przedstawiono opracowany parametryczny model pojazdu podwodnego VideoRay Pro 4 oraz dokonano oceny jego poprawności na podstawie testów laboratoryjnych z wykorzystaniem obiektu rzeczywistego.

W rozdziale 3 dokonano analizy wpływu właściwości optycznych środowiska wodnego na jakość zobrazowania obserwowanej sceny z głównym naciskiem położonym na metody kompensacji generowanych zakłóceń. Przeprowadzono analizę literatury, na podstawie której zaproponowano rozwiązania, mające na celu kalibrację zestawu stereowizyjnego, jak również zwiększenie liczby wykrywanych punktów charakterystycznych przy jednoczesnej minimalizacji złożoności obliczeniowej algorytmów cyfrowego przetwarzania obrazów.

Rozdział 4 prezentuje najważniejsze techniki cyfrowego przetwarzania obrazów, wykorzystane podczas realizacji pracy. Przedstawiono również wyniki badań eksperymentalnych, przeprowadzonych na potrzeby wyznaczenia najbardziej efektywnych metod cyfrowego przetwarzania obrazów w perspektywie kompensacji wpływu środowiska wodnego na jakość zobrazowania obserwowanej sceny. Ponadto, dokonano analizy metod wyznaczania i dopasowania punktów charakterystycznych oraz określono najkorzystniejsze z nich w perspektywie dalszych badań. W ramach prac wykorzystano materiały video pozyskane podczas inspekcji podwodnych, zrealizowanych przez Zakład Technologii Prac Podwodnych Akademii Marynarki Wojennej w Gdyni.

W rozdziale 5 opisano stereoskopowy system wizyjny, jak również przeprowadzono analizę wpływu jego parametrów wewnętrznych na własności pomiarowe. Duży nacisk położono na etap kalibracji kamer, z uwagi na fakt, że warunkuje on poprawność działania opracowanej metody. Opracowano również algorytm wyznaczania prędkości pojazdu w oparciu o śledzenie punktów charakterystycznych na kolejnych obrazach analizowanej sceny.

Rozdział 6 zawiera opis czynności przeprowadzonych podczas syntezy układów regulacji, jak również wyniki badań symulacyjnych oraz badań na obiekcie rzeczywistym. Uzyskane wyniki odniesiono do opracowanej na potrzeby realizacji pracy metody referencyjnej. Ponieważ dobór regulatora jest zadaniem bardzo pracochłonnym, przy czym bardzo często sukces nie zależy jedynie od jego rodzaju, ale również od struktury i nastaw, na potrzeby realizacji pracy przyjęto, że najlepszym rozwiązaniem będzie zastosowanie regulatora rozmytego.

W rozdziale siódmym, stanowiącym podsumowanie, zawarto wnioski wynikające z rozprawy, z których do najważniejszych należy zaliczyć:

- Uproszczony model parametryczny pojazdu podwodnego okazał się wystarczający na potrzeby badań symulacyjnych. Poszukiwanie bardziej zaawansowanego modelu z uwagi na nieliniowość i niestacjonarność układu napędowego, jak i losowy wpływ ułożenia kabloliny za pojazdem wydaje się bezzasadne.
- Negatywny wpływ środowiska wodnego determinuje potrzebę zastosowanie metod wstępnego przetwarzania obrazu w perspektywie zwiększenia liczby wykrywanych punktów charakterystycznych. Biorąc pod uwagę czas przetwarzania, operacja wyrównania histogramu jest najkorzystniejszym rozwiązaniem w perspektywie prowadzonych badań.
- Na potrzeby wykrywania punktów charakterystycznych detektor i deskryptor oparty na algorytmie ORB zapewnia najlepszy stosunek czasu przetwarzania algorytmu do liczby poprawnie dopasowanych punktów.
- Zastosowanie wstępnej kalibracji zestawu stereowizyjnego jest niezbędnym krokiem w perspektywie wyznaczania parametrów ruchu pojazdu. Jednocześnie zastosowana metoda kalibracyjna pozwala na wygodne wyznaczenie wszystkich niezbędnych parametrów zestawu stereowizyjnego.
- w celu uzyskania największej dokładności pomiarów, parametry zestawu stereowizyjnego powinny zostać dobrane w perspektywie zakładanej prędkości pojazdu oraz odległości od dna morskiego podczas wykonywania czynności inspekcyjnych.

W załączniku A zaprezentowano klasyczne podejście do modelowania ruchu pojazdu podwodnego typu ROV. Załącznik B przedstawia przykładowe obrazy, wykorzystane na potrzeby analizy metod wyznaczania i dopasowywania punktów charakterystycznych. W załączniku C umieszczono skrócony opis aplikacji, opracowanej na potrzeby wyznaczania położenia pojazdu w basenie laboratoryjnym, podczas gdy załącznik D przedstawia główne założenia aplikacji do sterowania pojazdem podwodnym. W załączniku E przedstawiono dane techniczne pojazdu VideoRay Pro 4, wykorzystanego na potrzeby realizacji pracy.