

# STRESZCZENIE

## **Wielosensorowy system lokalizacji operatora oraz rozpoznawania jego gestów w zastosowaniu do sterowania żurawiem przeładunkowym**

Rozprawa doktorska została podzielona na rozdziały, które szczegółowo opisują elementy proponowanego rozwiązania oraz drogę do uzyskania wyników badań. Głównym celem pracy jest ocena możliwości sterowania żurawiem przeładunkowym przy wykorzystaniu analizy sygnałów pochodzących z wielu sensorów. Zastosowanie tego typu wielosensorowego systemu śledzącego z możliwością rozpoznawania gestów jest innowacyjnym podejściem w dziedzinie rozwoju nowych metod komunikacji człowieka z maszyną. Opracowany system pozwala na określenie pozycji operatora względem maszyny oraz rozpoznawanie jego gestów. Weryfikacja działania zaprojektowanego rozwiązania przeprowadzona została na stanowisku badawczym. W wyniku przeprowadzonych prac opracowano i przetestowano zintegrowany z systemem sterowania żurawia HIAB XS111 Duo oparty na wielu sensorach. Rozdział pierwszy zawiera przegląd literatury przedstawiający budowę i typy żurawi przeładunkowych, sposoby sterowania nimi oraz systemy wspomagania operatora. W przeglądzie omówiono podstawowe typy urządzeń dźwigowych, szczególnie żurawie załadunkowe oraz parametry z nimi związane. Dokładnie przedstawiono także interfejsy użytkownika stosowane w urządzeniach dźwigowych, wymieniono ich producentów, wykorzystywane rozwiązania techniczne, a także wady i zalety. W przeglądzie literatury uwzględniono normy, raporty rynkowe i publikacje naukowe. W rozdziale drugim przedstawiono cel oraz hipotezę pracy, wynikającą z przeglądu literatury. Rozdział trzeci opisuje architekturę wielosensorowego systemu lokalizacji operatora i rozpoznawania jego gestów, uzasadnienie wyboru platformy programistycznej, opis symulacji z wizualizacją i interfejsu użytkownika. Rozdział czwarty opisuje dwa kluczowe podsystemy do śledzenia pozycji operatora: podsystem bazujący na skanerze LiDAR oraz inteligentny kask, wraz z zastosowanymi sensorami i algorytmami. Przedstawione metody pozwalają na śledzenie i identyfikację operatora niezależnie od warunków otoczenia, oraz niwelują zakłócenia spowodowane przez okluzję lub awarię któregoś z sensorów. Rozdział piąty zawiera opis czterech sposobów sterowania pozycją końcówki roboczej żurawia przeładunkowego oraz zestaw gestów i ich implementację w systemie. Rozdział szósty przedstawia stanowisko badawcze oraz szczegółowy opis badań i testów zaproponowanych rozwiązań. Ostatni, siódmy rozdział podsumowuje wyniki badań, zawiera wnioski z pracy oraz wyznacza kierunki przyszłych badań. Opracowany system jest rozwiązaniem otwartym i może posłużyć do budowy systemów śledzenia operatora i sterowania gestami nie tylko dla żurawia przeładunkowego, ale też dla innych maszyn wymagających ciągłego nadzoru.

*Kamil M. Miel*

*24.06.2024*

# ABSTRACT

## **Multisensor Operator Localization and Gesture Recognition System for Loader Crane Control Applications**

The PhD dissertation is divided into chapters that describe in detail the elements of the proposed solution and the method for obtaining the research results. The main objective of the dissertation is to evaluate the possibility of controlling a loading crane using the analysis of signals from multiple sensors. The use of this type of multi-sensor tracking system with gesture recognition capabilities is an innovative approach to the development of new methods of human-machine communication. The developed system allows for determining the position of the operator in relation to the machine and recognizing his gestures. Verification of the system's performance was carried out on a laboratory stand. As a result of the work carried out, a multi-sensor-based integrated control system for the HIAB XS111 Duo crane was developed and tested. The first chapter presents a literature review of the construction and types of loader cranes, their control methods, and operator assistance systems. The literature review discusses the basic types of lifting machines, especially loading cranes, and the parameters associated with them. The user interfaces used in crane equipment are also presented in detail, their manufacturers, the technical solutions used, as well as the advantages and disadvantages. The literature review includes standards, market reports, and scientific publications. Chapter two presents the objective and hypothesis of the study, derived from the literature review. Chapter three describes the architecture of the multi-sensor operator location and gesture recognition system, the reasoning behind the choice of software platform, a description of the simulation with visualization, and the user interface. Chapter four describes two key subsystems for tracking the operator's position: a LiDAR scanner-based subsystem and a smart helmet, along with the sensors and algorithms used. Provided methods allow tracking and identification of the operator regardless of environmental conditions, and nullify interference caused by occlusion or failure of any of the sensors. Chapter five describes four ways to control the position of the working end of the loader crane, as well as a set of gestures and their implementation in the system. The sixth chapter presents the test stand and a detailed description of the research and testing of the proposed solutions. The last, seventh chapter summarizes the results of the research, draws conclusions from the work, and sets directions for future research. The developed system is an open solution and can be used to build operator tracking and gesture control systems not only for the loader crane but also for other machines requiring continuous monitoring.

*Kamil M. Kucinski*

*24.06.2024*