

Recenzja rozprawy doktorskiej Pana mgr. inż. Sylwestra Błaszczyka
„Metodyka projektowania systemu interakcji człowiek-robot dedykowanego dla zdalnej
nawigacji bezzałogową platformą jezdną”

przygotowana na zlecenie Prodziekana Wydziału Elektrotechniki, Elektroniki, Informatyki
i Automatyki Politechniki Łódzkiej

działającego na podstawie uchwały Rady Wydziału z dnia 21. 04. 2015.

PROBLEMATYKA PRACY

Rosnący poziom zaawansowania technologicznego przedsięwzięć informatycznych sprawia, że konieczne są wnikliwa analiza metod i staranne projektowanie sposobu komunikacji człowieka z komputerem, by zapewnić dobre wspomaganie wykonywania określonych zadań użytkownika. Zagadnienia związane z procesem przygotowania, wdrożenia oraz oceny interaktywnych systemów komputerowych są przedmiotem badań prowadzonych w ramach interdyscyplinarnej dziedziny nauki *interakcja człowiek-komputer*.

Tematyka recenzowanej rozprawy mieści się w nurcie takich badań, ukierunkowanych na interakcję człowiek – robot. Autor podsumował stan wiedzy oraz zaproponował, zbudował i zweryfikował nowy system informatyczny dla bezzałogowych mobilnych platform robotycznych. System wzbogaca znane rozwiązania i jest atrakcyjny pod względem ułatwienia operatorowi robota wydawania złożonych, wysokopoziomowych poleceń nawigacyjnych. Kwalifikuje to pracę jako przedmiot rozprawy doktorskiej w obszarze **informatyki**.

UKŁAD PRACY

Rozprawa licząca 165 stron składa się ze wstępu, jedenastu rozdziałów, bibliografii i dodatku.

Wstęp przedstawia motywację pracy wynikającą z udziału Autora, jako jednego z głównych wykonawców, w obszernym projekcie badawczym NCBiR „*Autonomiczny robot pola walki przeznaczony do zadań zwiadu i wykrywania min*”. Na przejrzystym schemacie blokowym zamieszczono wykaz i wzajemne powiązanie rozwiązań powstałych w ramach tego projektu, wskazując miejsce i przeznaczenie opracowań autorskich, stanowiących podstawę recenzowanej pracy doktorskiej.

Rozdział pierwszy przedstawia cel, zakres i tezę pracy. Celem pracy było opracowanie własnej metodyki projektowania systemu interaktywnego umożliwiającego operatorowi robota wydawanie złożonych, wysokopoziomowych rozkazów nawigacyjnych. Postawiono następującą tezę:

Możliwe jest opracowanie metodyki projektowania systemów interakcji człowiek-robot pozwalającej uzyskać semi-autonomię bezzałogowych mobilnych platform robotycznych.

Kolejne rozdziały ujęto w trzech grupach tematycznych: *Stan wiedzy* (rozdziały 2, 3, 4), *Robot mobilny pola walki* (rozdział 5), *Algorytmy autorskie* (rozdziały 6 – 11).

Rozdział drugi „*Interakcja człowiek - maszyna*” opisuje rozwój dziedziny naukowej zajmującej się metodami komunikacji ludzi i maszyn oraz jej działów: interakcja człowiek - komputer oraz interakcja człowiek - robot.

Rozdział trzeci „*Komputerowe systemy interaktywne*” przedstawia opis metod oraz reguł projektowych stosowanych w procesie opracowywania interfejsów umożliwiających wzajemne oddziaływanie między człowiekiem a maszyną, zwanych też interfejsami użytkownika.

Rozdział czwarty „*Interfejs użytkownika na potrzeby zdalnego sterowania robotem mobilnym*” opisuje zagadnienia związane z projektowaniem metod komunikacji ludzi z robotami mającymi złożony i dynamiczny system kontroli, wykazującymi cechy autonomiczności oraz zdolność uczenia się i działania w zmieniającym się otoczeniu.

Rozdział piąty „*Modułowa architektura robota mobilnego*” przedstawia opis wspomnianego we wstępie projektu, w którym Autor rozprawy był jednym z głównych wykonawców.

Kolejne rozdziały są kluczowymi elementami pracy.

W rozdziale szóstym „*Metodyka projektowania systemu interaktywnego konsoli operatora*” przedstawiono opis metodyki, zgodnie z którą został zaprojektowany i zbudowany interaktywny system konsoli umożliwiający komunikację operatora z platformą jezdnią robota.

Rozdział siódmy „*Architektura przenośnej konsoli operatora*” przedstawia architekturę sprzętową konsoli operatora i opisuje architekturę programową zaprojektowanego i zaimplementowanego przez Autora rozprawy systemu interaktywnego konsoli - interfejsu użytkownika.

Rozdział ósmy „*Sterowanie robotem mobilnym z poziomu graficznego interfejsu użytkownika*” opisuje wybrane algorytmy wysokiego poziomu, które zostały opracowane i zaimplementowane w systemie konsoli operatora przez Autora rozprawy. Tryb pracy systemu konsoli operatora obejmuje: konfigurowanie interfejsu graficznego, autonomiczną jazdę za operatorem, jazdę w zadanym kierunku geograficznym, jazdę do zadanej współrzędnej geograficznej GPS, patrolowanie terenu, detekcję i oznaczanie min, sterowanie ramieniem i głowicą operacyjną. Rozkazy mogą być wydawane za pomocą przełączników, joysticków oraz za pośrednictwem ekranu dotykowego laptopa z interfejsem graficznym. Na wyświetlanej mapie terenu można odczytać aktualną pozycję robota i konsoli oraz wskazać pozycję docelową robota, którą ten osiąga samodzielnie.

Rozdział dziewiąty „*Algorytm integracji danych obrazowych przy użyciu procesora sygnałowego*” przedstawia opis zaimplementowanego na procesorze sygnałowym TMS-320DM642 autorskiego algorytmu integracji obrazów opartego o metodę Picture in Picture (PiP). Na potrzeby rozważanego zastosowania Autor rozbudował koncepcję PiP o możliwość łączenia kamer o różnych charakterystykach: np. kamer kolorowych i monochromatycznych, z odmiennymi rozdzielczościami oraz standardami przesyłu danych. Aktualnie na wyjściu jest otrzymywana ramka zawierająca informację obrazową z maksymalnie czterech kamer zamontowanych w głowicy obserwacyjnej robota.

Rozdział dziesiąty „*Algorytm detekcji ruchu w oparciu o czujniki bliskiego zasięgu*” opisuje autorski algorytm detekcji ruchu wykorzystującej dalmierze na podczerwień i procesor sygnałowy TMS320F28335. Rozwiązanie umożliwia wykrywanie obiektu poruszającego się w otoczeniu robota, określenie jego prędkości oraz stwierdzenie, czy znajduje się na kursie kolizyjnym z robotem.

Pracę uzupełniają: (i) rozdział jedenasty, stanowiący podsumowanie badań i przedstawiający wynikające z nich wnioski oraz kierunki dalszych prac, (ii) spis literatury

obejmujący 190 reprezentatywnych pozycji, w tym także dokumentacje, raporty techniczne i źródła internetowe, (iii) dodatek przedstawiający konfigurację rejestrów programowych wykorzystywanych w algorytmie PiP omówionym w rozdziale 9.

OCENA PRACY

Praca dotyczy złożonego zagadnienia projektowania systemu interaktywnego umożliwiającego operatorowi robota wydawanie złożonych, wysokopoziomowych poleceń nawigacyjnych. Problem naukowy wynikający z tezy pracy został sformułowany jasno i trafnie. Tematyka pracy jest ważna i aktualna. Rozprawa podsumowuje stan wiedzy w tym zakresie i przedstawia własne rozwiązania. Oryginalny dorobek Autora polega na zaprojektowaniu, opracowaniu, zaimplementowaniu oraz weryfikacji:

1. praktycznego, intuicyjnego systemu konsoli operatora,
2. protokołów komunikacji odpowiedzialnych za wymianę danych między systemem konsoli operatora a urządzeniami znajdującymi się w tej konsoli,
3. autorskich algorytmów realizujących wymagane tryby pracy systemu konsoli operatora,
4. algorytmu zwalnającego operatora robota z konieczności nadzoru nad zarządzaniem konfiguracją zintegrowanego obrazu otoczenia robota, będącego złożeniem danych pochodzących z kamer systemu wizyjnego oraz obrazu mapy otoczenia robota,
5. algorytmu detekcji poruszających się obiektów wykorzystującego dane z czujników bliskiego zasięgu, zastosowanego w systemie sterowania robotem na procesorze sygnałowym najnowszej generacji.

Te rezultaty wzbogacają dotychczasową wiedzę o projektowaniu interfejsów człowiek - robot. Praca łączy elementy teorii z opracowaniem opartego na nich, złożonego systemu informatycznego oraz z eksperymentami z rzeczywistym obiektem – zaawansowanym robotem pola walki. Przedstawione rozwiązania mają wartości poznawcze i znajdują ważne zastosowanie.

Pan mgr inż. Sylwester Błaszczuk osiągnął założony cel, przypomniany na początku niniejszej recenzji. Opanował niezbędne podstawy teoretyczne i pokazał umiejętność ich zastosowania do samodzielnego rozwiązywania zagadnień badawczych, wykazując jednocześnie umiejętność pracy w interdyscyplinarnym zespole rozwiązującym zaawansowane technologicznie przedsięwzięcie konstrukcyjne.

Wyniki przeprowadzonych badań były przedmiotem 15 publikacji naukowych, w tym: pięciu rozdziałów w monografii wydanej przez renomowane wydawnictwo *World Scientific* i jednego rozdziału w monografii wydanej przez wydawnictwo *Springer*.

Praca została poprawnie skonstruowana i zredagowana. Upoważnia to do stwierdzenia, że Autor opanował warsztat pisania rozpraw naukowych. Prawidłowo dobrane, liczne odnośniki literaturowe wskazują zaś, że Autor posiada niezbędną orientację w bibliografii podejmowanych przez siebie zagadnień.

UWAGI

Przedstawione dalej uwagi, które mogą być przedmiotem dyskusji lub stwarzają pole do ewentualnych dalszych badań, nie podważają zasadniczych wartości pracy.

1. Pracę uatrakcyjniłoby bliższe przedstawienie działania i omówienie skuteczności algorytmów, np. przez dołączenie płyty DVD.

2. Czy wzór (10.4) nie powinien wyglądać inaczej, tzn. $\sum_{j=0}^{N-1} (x_j - y_{j+1})^2$? Warto byłoby też dodać, o którą składową prędkości chodzi, przedyskutować kwestię wartości parametru N , a na końcu także problem komunikacji z operatorem, dotyczącej ruchomego otoczenia robota.
3. Autorowi nie udało się uniknąć usterek edytorskich, takich jak np.: rozdziału „Wstęp” nie ujęto w spisie treści, nie cały tekst wyróżniony na str. 19 ma charakter tezy, w stopce każdej strony podawany jest tytuł różniący się od tytułu pracy.

PODSUMOWANIE

Uwzględniając odnotowane oryginalne osiągnięcia naukowo-badawcze oraz poznawcze walory rozprawy, a także to, że przedstawione uwagi nie podważają jej zasadniczych wartości, stwierdzam, że **recenzowana praca doktorska Pana mgr. inż. Sylwestra Błaszczyka spełnia wymagania obowiązującej Ustawy**. Wnioskuje do Wysokiej Rady Wydziału Elektrotechniki, Informatyki i Automatyki Politechniki Łódzkiej o przyjęcie pracy oraz dopuszczenie jej Autora do publicznej obrony.

Marian Wpoceln