

Koszalin, dnia 21.07.2022 r.

Dr hab. inż. Jerzy Chojnacki prof PK
Politechnika Koszalińska
Wydział Mechaniczny,
ul. Raławicka 15-17, 75-620 Koszalin,
email:jerzy.chojnacki@tu.koszalin.pl

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta Barczaka pt. „Określenie gęstości korony drzew jabłoniowych przy użyciu cyfrowego urządzenia do akwizycji obrazu”

Promotor pracy doktorskiej: prof. dr hab. inż. Jerzy Weres

Promotor pomocniczy: dr hab. inż. Grzegorz Doruchowski, prof. IO-PI

Podstawa opracowania recenzji: zamówienie w ramach Umowy o dzieło nr 10/2022 z dnia 31.05.2022 roku pomiędzy Wydziałem Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu, reprezentowanym przez profesor dr hab. inż. Klaudię Borowiak - Dziekana Wydziału.

Ogólna informacja dotycząca pracy

Recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Roberta Barczaka, wykonana została w Katedrze Inżynierii Biosystemów Wydziału Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.

Treść rozprawy podzielona została na 7 rozdziałów: Wstęp, Przegląd literatury, Technika ochrony upraw sadowniczych, Cel i zakres pracy, Metodyka badań, Analiza wyników, Wnioski. Rozprawa zawiera 94 strony druku komputerowego formatu A4; w tym 65 rysunków i 51 tabel. W wykazie materiałów źródłowych zamieszczono 36 publikacji źródłowych, wśród których są, między innymi książki, monografie, rozprawy, artykuły opublikowane w czasopismach naukowych, referaty zamieszczone w materiałach konferencyjnych, raporty z prac badawczych, materiały szkoleniowe, strony internetowe.

Znaczenie i aktualność tematu pracy

Rozprawa doktorska ma charakter metodyczno - eksperymentalny. Dotyczy wykorzystania metod cyfrowej analizy obrazu do automatycznego sterowania strumieniem rozpylonej cieczy opryskowej, wytwarzanym za pomocą opryskiwacza sadowniczego, w celu aplikacji kropeł wyłącznie na gałęziach drzew i unikania oprysku przestrzeni pustych.

Założenia Zielonego Ładu wprowadzanego aktualnie w Unii Europejskiej obejmują 10 priorytetów. Bezpośrednio produkcji rolniczej, w tym i sadowniczej, dotyczą priorytety: Zero zanieczyszczeń, Zdrowa żywność i zrównoważone rolnictwo oraz Ekosystemy

i bioróżnorodność. Technika aplikacji środków ochrony roślin ma duży wpływ na skuteczność w zwalczaniu szkodników, ale należy ze wszelkich miar należy dążyć do ochrony środowiska naturalnego przed negatywnymi skutkami stosowanych pestycydów. Wszelkie działania techniczne zmierzające do ograniczenia niepotrzebnie rozpylanych na uprawach chemikaliów, a zarazem mogące poprawić skuteczność ich nanoszenia na opryskiwanych roślinach, wpisują się w priorytety Europejskiego Zielonego Ładu. Rozprawa doktorska pt. „Określenie gęstości korony drzew jabłoniowych przy użyciu cyfrowego urządzenia do akwizycji obrazu” dotyczy takich działań i zawiera się również w tematyce stosowanych obecnie powszechnie na Świecie badań nad rolnictwem precyzyjnym i robotyzacją prac polowych.

W tym kontekście wybór tematu pracy doktorskiej mgra inż. Roberta Bartzaka jest wysoce aktualny zarówno z naukowego jak i użytkowego punktu widzenia.

Ocena celu i zakresu rozprawy

Celem rozprawy było opracowanie oryginalnego systemu opartego na pozyskiwaniu i analizowaniu danych wizyjnych, wspomagających precyzyjne dawkowanie środka ochrony roślin przy pomocy opryskiwacza sadowniczego. Uzasadnieniem wyboru cyfrowej analizy obrazu do precyzyjnego określenia pola projekcji dla każdego drzewa w sadzie, była próba wyeliminowanie opryskiwania pustych miejsc pomiędzy obiektami (gałęziami drzew), co może wpłynąć na znaczne ograniczenie znoszenia cieczy oraz pozwolić na oszczędności środka ochrony roślin. Problemy do rozwiązania były sformułowane jako pytania dotyczące: celowości zastosowania kamery stereowizyjnej do analizy gęstości korony drzew jabłoniowych, z uwzględnieniem wpływu starych i nowych odmian na jakość działania systemu, wpływu opracowanego systemu, wmontowanego w opryskiwacz, na ilość zużytego środka przy różnych gęstościach korony, oraz wpływu natężenia oświetlenia na jakość i dynamikę systemu.

Planowany zakres pracy obejmował: opracowanie oprogramowania umożliwiającego pozyskiwanie danych w postaci materiału wideo z kamery stereowizyjnej, które umożliwiłoby wykrycie pustych przestrzeni pomiędzy drzewami oraz zbudowanie platformy mobilnej umożliwiającej badania i wygenerowanie mapy projekcji do stworzenia systemu sterowania opryskiwaczem.

Merytoryczna ocena rozprawy

Autor rozprawy, we „Wstępie”, uzasadnił czynnikami ekonomicznymi i ekologicznymi wybór precyzyjnej aplikacji środków ochrony roślin w sadach jako tematykę jego badań. W rozdziale „Przegląd literatury” doktorant dokonał opisu metod i środków technicznych służących do pozyskiwania i analizy obrazu. Autor rozprawy uwzględnił w nim sposoby pozbywania zniekształceń obrazów powstających w sposób naturalny podczas ich pozyskiwania sprzętem optycznym i opisał urządzenia techniczne i programy do wydajnego rozwiązywania problemów numerycznych w cyfrowej analizie pozyskanych materiałów, w tym również

obrazów wykonanych za pomocą metody stereowizyjnej. W rozdziale „Przegląd literatury” przedstawiono również sposoby i urządzenia techniczne do analizy gęstości korony drzew. Uzupełnieniem tej wiedzy jest rozdział „Technika ochrony upraw sadowniczych”, w której skupiono się nad metodami ograniczającymi straty środków chemicznych podczas opryskiwania sadów, a w szczególności nad techniką zmiennego dawkowania środków (VRA – Variable Rate Application). Jakkolwiek zakres wiedzy dotyczącej urządzeń technicznych i programów, przedstawionych w „Przeglądzie literatury” jest bardzo ogólny i moim zdaniem przekracza zakres konieczny do umieszczenia w tej pracy, to w efekcie wzbogaca zaprezentowaną wiedzę dotyczącą technik stosowanych do zmiennego aplikowania na roślinach pestycydów przy pomocy opryskiwaczy.

Następnym rozdziałem jest „Cel i zakres pracy” a po nim „Metodyka badań”, w której omówiono etapy realizacji pracy i opisano przygotowany do tego celu sprzęt i oprogramowanie. Na szczególną uwagę zasługuje zbudowanie specjalnej platformy, do badań polowych w sadzie, z zainstalowaną kamerą do akwizycji obrazów, analizatorem światła i modułem GPS. Ponadto doktorant specjalnie do badań, bazując na algorytmie SGBM (Semi Global Block Matching), przygotował program do generowania mapy głębi na podstawie analizy obrazów uzyskiwanych z kamery stereowizyjnych.

W badaniach symulowano pracę opryskiwacza sadowniczego z ukierunkowanymi poziomami strumieni powietrza, położonymi na różnych wysokościach, opryskującego drzewa techniką zmiennego dawkowania środków, poprzez rejestrację sygnałów otwarcia i zamknięcia każdego rozpylacza. Symulowane otwarcie lub zamknięcie rozpylacza było efektem identyfikacji obiektu na poziomie tego rozpylacza. Aby zrealizować cel i zakres badań eksperymenty przeprowadzono dla czterech zmiennych, niezależnych czynników wejściowych takich jak: liczba dyfuzorów w opryskiwaczu, odmiana jabłoni, fazy fenologiczne rozwoju drzew i pora dnia. Ponadto prace badawcze przeprowadzono przy różnych poziomach nasłonecznienia. W metodyce uwzględniono statystyczną obróbkę wyników. Opis metod zawarty w pracy uzupełniony został zdjęciami zastosowanego sprzętu, obrazami przykładowych wyników i tabelami.

Uważam, za bardzo cenne uwzględnienie w badaniach terenowych aż czterech czynników z ich poziomami, które wiązało się z wieloma trudnościami w realizacji eksperymentów, należy więc wysoko ocenić obszerność takich badań. Całość przygotowanych badań oceniam bardzo dobrze mając na uwadze cel i zakres pracy. Treść rozdziału „Metodyka” wskazuje na duże umiejętności doktoranta i dużą wiedzę dotyczącą przygotowania i prowadzenia badań oraz rozwiązywania problemów badawczych.

W rozdziale „Analiza wyników” autor przedstawił w formie tabelarycznej uzyskane i opracowane statystycznie dane z przeprowadzonych prac eksperymentalnych oraz rysunki obrazujące poszczególne analizowane przypadki. Zaprezentowane wyniki wraz z ich analizą odnoszą się do przyjętych do badań czynników. Autor przedstawił w pracy zalety, opracowanego na potrzeby badań, autorskiego systemu do akwizycji obrazów. Udokumentowane w badaniach możliwości oszczędności środka ochrony roślin, ocenione na poziomie 75%, wskazują na przydatność zastosowania systemu w komercyjnych wersjach opryskiwaczy sadowniczych.

Szczegółowe wnioski z badań, odnoszące się do celu pracy i postawionych pytań-problemów badawczych, szeroko zostały opisane w rozdziale „Analiza wyników”. Stanowią one najcenniejszą wartość tej pracy doktorskiej.

W rozdziale „Wnioski” uogólniono otrzymane rezultaty prac i przedstawiono siedem istotnych wniosków, uzupełniając je komentarzem. Wnioski przedstawione przez autora, wynikające z wywodu i analizy wyników z przeprowadzonych badań, sformułowane zostały prawidłowo. Odnoszą się one do tematyki i tytułu pracy doktorskiej „Określenie gęstości korony drzew jabłoniowych przy użyciu cyfrowego urządzenia do akwizycji obrazu” oraz do założonego celu badań i mogą stanowić wartość naukową i użyteczną do dalszych badań nad wykorzystaniem techniki zmiennego dawkowania środków w opryskiwaczach sadowniczych. Praca stała się wkładem naukowym w zagadnienia techniczne z zakresu konstrukcji i automatyzacji maszyn do ochrony roślin.

Dokonując merytorycznej oceny rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta Barczaka stwierdzam, że w rozprawie tej podjęto próbę rozwiązania ważnego i trudnego problemu naukowego, mającego duże znaczenie praktyczne. Całość przeprowadzonych badań przedstawionych w pracy doktorskiej oraz sposób ich opracowania i wykonania, a także interpretacja wyników zostały starannie przemyślane i są w pełni dojrzałe. Jest to podejście systematyczne, kompetentne i wnikliwe. Uważam, że Autor jest bardzo dobrze przygotowany do podjęcia dalszej samodzielnej pracy naukowej i badawczej. **Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Roberta Barczaka wnosi istotny wkład naukowy w dyscyplinie inżynieria mechaniczna.**

Uwagi szczegółowe do pracy

Opiniowana rozprawa doktorska mgr inż. Roberta Barczaka jest napisana w sposób interesujący, jasny, zwarty i uporządkowany. Oceniam również, że rozprawa jest napisana bardzo dobrze pod względem merytorycznym. Kolejność przyjętych rozdziałów jest prawidłowa. Generalnie struktura i układ pracy są właściwe i umożliwiają zrozumienie przez czytelnika treści poszczególnych rozdziałów.

Podczas czytania pracy zauważyłem kilka jej mankamentów. Podstawowym jest, wg mnie, zbyt mała ilość cytowanych prac jak na pracę doktorską. W rozdziale „Bibliografia” znalazłem ich tylko 36. Ponadto autor niezbyt starannie przygotował ten rozdział bo pomylił się w ich numeracji i policzył jako pozycja 15 dwie różne prace, a także nie umieścił w nim wielu innych cytowanych w tekście pozycji. I tak:

- Strona 9 podpis pod rysunkiem 1. Autor powołuje się na publikację, której nie umieścił w wykazie literatury. (Źródło: Rzeszotarski i in., 2005),

- Strona 10 podpis pod rysunkiem 2 autor powołuje się na (Źródło: <http://journals.bg.agh.edu.pl/AUTOMATYKA/2008-03/Auto08.pdf>) to źródło to artykuł naukowy umieszczony w czasopiśmie AUTOMATYKA, brak jest jego odnotowania w wykazie literatury oraz nie ma w nim rysunku, który miał pochodzić z tego artykułu,

- strona 11, rys 3 podobnie, przywołane źródło przedstawionego obrazu (Źródło: <http://3d.edu.pl/skaner-laserowy>) nie odpowiada treści podrozdziału, którego dotyczy i nie zawiera rysunku przedstawionego w pracy,

- strona 12 rysunek 4, źródło (Mikulski S. Metody triangulacji laserowej w skrajnych trójmiarach 2013), brak tej pozycji w Bibliografii,

- Bibliografia, poz. 16, napisano: F. Rovira-Más, i Q. Zhang, i J.F. 2004 Reid Automated agricultural equipment navigation using stereo disparity images, ale pomyłono się dodając nazwisko współautora (Reid) do tytułu, a ponadto brak jest danych o czasopiśmie, nie ma numeru zeszytu, stron, powinno być: RoviraMás F., Zhang Q., Reid J. F. 2004. Automated agricultural equipment navigation using stereo disparity images. Transactions of the ASAE. 47(4): 1289-1300.

Powyższe wątpliwości oraz uwagi dotyczą strony formalnej pracy i nie wpływają na merytoryczną wartość rozprawy, jednakże należy je uwzględnić w przypadku publikacji rozprawy.

Ocena końcowa rozprawy doktorskiej

Po dokonanej analizie rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta Barczaka pt. „Określenie gęstości korony drzew jabłoniowych przy użyciu cyfrowego urządzenia do akwizycji obrazu” z pełnym przekonaniem stwierdzam, że rozprawa ta stanowi oryginalne i wartościowe rozwiązanie złożonego problemu naukowego. Autor wykazał się dobrą znajomością problematyki związanej z cyfrową analizą obrazu oraz z techniką ochrony roślin i także umiejętnością formułowania problemów naukowych, a przede wszystkim zdolnością doboru właściwych metod do ich rozwiązywania. Recenzowana praca doktorska jest ważna zarówno dla celów poznawczych jak i dla zastosowań praktycznych.

Uważam, że rozprawa doktorska mgr inż. Roberta Barczaka pt. „Określenie gęstości korony drzew jabłoniowych przy użyciu cyfrowego urządzenia do akwizycji obrazu” spełnia wymagania stawiane pracom na stopień doktora określone w art. 13 i art. 20 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. z 2017 poz. 1789 z późniejszymi zmianami) oraz § 6 ust. 1-2 Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dn. 10 stycznia 2018 (Dz. U. z 2018 r. poz. 261) i Rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin artystycznych (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818) i zmoże być dopuszczona do publicznej obrony.

Ponadto mając na uwadze wysoką merytoryczną wartość recenzowanej rozprawy przedkładam Radzie Dyscypliny propozycję o jej wyróżnieniu.

