

**Dr hab. inż. Krzysztof Koszela**  
**Instytut Inżynierii Biosystemów**  
**Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii**  
**Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu**  
**ul. Wojska Polskiego 28**  
**60-637 Poznań**

**Poznań, 05.05.2019**

## **RECENZJA**

rozprawy doktorskiej mgr. inż. Adama Ławickiego zatytułowanej  
**„Opracowanie inteligentnego, mobilnego systemu do analizy obrazu roślin w środowisku szklarniowym”**

### **Recenzja**

Recenzja ta została wykonana w odpowiedzi na zlecenie Pana prof. dr hab. inż. Wiesława Dembka z Instytutu Technologiczno – Przyrodniczym w Falentach. Rozprawa doktorska będąca przedmiotem tej recenzji została wykonana w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym w Falentach. Promotorem rozprawy jest dr. hab. Mohamed Hazem Kalaji z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach i Katedry Fizjologii Roślin SGGW, a promotorem pomocniczym dr Wacław Strobel z Instytutu Technologiczno-Przyrodniczego w Falentach.

#### **1. Ogólna charakterystyka pracy**

Praca liczy 99 stron maszynopisu formatu A4, łącznie ze spisem treści oraz spisem tabel (w liczbie 9) i rysunków (w liczbie 22). Praca została napisana według wymogów stawianych przyrodniczym pracom eksperymentalnym i składa się z 6 rozdziałów i wykazu literatury zawierającej 70 pozycje, w większości obcojęzyczne (angielskojęzyczne - 65 pozycji) oraz źródła internetowe w liczbie 4. Duża część cytowanej literatury pochodzi z ostatnich 10 lat. Świadczy to o aktualności badań i znajomości wykorzystania najnowszej technologii informacyjnej w rozwiązaniu poruszonego problemu. Źródła literaturowe są starannie i adekwatnie do kategorii (dysertacja doktorska), celu i zakresu pracy wybrane a ich wykorzystanie i cytowanie jest formalnie dość poprawne a ponadto

logicznie, metodologicznie oraz technologicznie określa dziedzinę przedmiotową i problemową pracy lokując ją na poziomie wiedzy (data science) oraz metod i umiejętności analitycznych (data engineering). Język pracy jest gramatycznie poprawny.

## **2. Merytoryczna ocena pracy**

Oceniana monografia dotyczy opracowania inteligentnego systemu do zbierania danych, opartego na analizie obrazu z kamer światła widzialnego oraz platformę ruchomą poruszającą się w środowisku szklarniowym. Głównym celem rozprawy było opracowanie systemu który dokonywał by pomiar danych przy wykorzystaniu kamer oraz platformy ruchomej wykorzystującej komputerową analizę obrazu i metody sztucznej inteligencji do dalszej analizy. Opracowany system ma być bardziej konkurencyjny i efektywny w odniesieniu do obecnie stosowanych metod. Zaproponowane rozwiązanie w postaci systemu informacyjnego wykorzystując języki programowania C#, C++, .Net, Cuda oraz oprzyrządowanie w postaci kamer i platformy jezdnej ma również na celu pozyskiwanie zbioru danych do dalszych analiz i fenotypowania roślin. Tematyka badań dotyczy więc sposobu akwizycji obrazów i ich przekształcania a następnie na podstawie tych danych, system ma dokonywać czynności umożliwiających obliczenia tygodniowego przyrostu liczby owoców, tygodniowego przyrostu liczby gron, oraz pomiaru całkowitej wysokości rośliny. Mogą być także podejmowane decyzje o nawodnieniu, nasłonecznieniu, czy innych zabiegach pielęgnacyjnych wpływających na przyrost roślin. Badania zostały przeprowadzone na dwóch wybranych obiektach badawczych jakim był ogórek i pomidor szklarniowy. Doktorant zaproponował i dobrał nowoczesne narzędzia z zakresu komputerowej analizy obrazu i opracował moduł TRIFID DETEKCJA, który przystosowany jest do wykrywania obiektów m.in. pomidorów szklarniowych na bitmapie związanych z wykorzystaniem funkcji skalowania, konwertowania lub wykrywania.

Uważam, że zarówno wybór tematyki pracy, jak i jej zakres jest w pełni zgodny z wymaganiami stawianym pracom doktorskim i mieści się ona w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo. Opracowany system akwizycyjno-pomiarowy ma ważne znaczenie w procesie identyfikacji i analizy jakości produktów rolniczych. Również ważnym jest aspekt w kontekście odpowiedniego okresu podejmowania decyzji i zarządzania dalszymi etapami upraw.

Doktorant zajął się ważnym i aktualnym problemem monitorowania, akwizycji, przetwarzania i identyfikacji informacji zakodowanych w obrazie. Obecnie technologie wizyjne coraz częściej znajdują zastosowanie do kontroli jakości, czyli sprawdzania zgodności produktu z założeniami,

w tym wymiarowej, wykonawczej oraz zgodności cech. Kontrolą jakości produktów lub stabilnością procesu zajmuje się człowiek lub automat. Człowiek jest powolny i omylny, chociaż potrafi zareagować w nieprzewidziany sposób (np. wykryć nowy typ defektu). Automat może być szybki i niezawodny (o ile jest sprawny), a przypadki niestandardowe może pomóc wykrywać poprzez zarchiwizowanie obrazu i/lub informacji. Jedyna zaleta, ale i wada człowieka, a właściwie oka ludzkiego, jako inspektora, to akomodacja. Oko płynnie dostosuje się do zmiennych warunków otoczenia, ale nie dostrzeże powolnych zmian w barwie lub jasności obiektu. Płynnie ustawi też ostrość na różne dystanse, bez dostrzeżenia, jak mała jest głębia ostrości. Zaletami systemu „kamera + komputer” są: wysoka i równomierna rozdzielczość w całym polu widzenia, zdolność zapamiętania obrazu odniesienia, szybkość rejestracji obrazu oraz szybka analiza obrazu w komputerze.

Dotychczas znane są systemy wykorzystujące człowieka (pomiar manualny), pomiar destrukcyjnych wykonanych systemem WinDias 3.0, jednak zastosowanie tych rozwiązań w praktyce upraw szklarniowych jest na razie ograniczone z uwagi na pracochłonność i wysokie koszty wdrożeniowe.

Autor właściwie przedstawił cel pracy i zaproponował odpowiednie metody rozwiązań. Sens sformułowań w formie tezy pracy a celu naukowego wydaje się dyskusyjny. W celu pracy użyto sformułowania „stworzenie inteligentnego systemu...”. Natomiast w pracy nie wskazano determinant i wyjaśnienia na czym ma polegać owa inteligencja tego systemu. Również tezy pracy punkt 2 i 3 jest bardzo podobny (różnica w jednym wyrazie). Tezy pracy również nie korespondują z celem naukowym. Doktorant raz używa sformułowania „warunki szklarniowe” by później odnosić się do warunków produkcyjnych. W mojej ocenie w pracy brakuje sformułowania hipotezy badawczej. Z treści pracy można wnioskować jaka ona była, nie mniej jednak pisemne sformułowania w postaci pytania czy zdania oznajmującego ułatwiłoby dalsze wnioskowanie.

Na podstawie analizy celu rozprawy jak również tezy i zakresu można stwierdzić, że praca ma charakter naukowy. Doktorant podjął się działań, mających na celu wytworzenie systemu, umożliwiającego akwizycje obrazów i ich analizę w zakresie znajdowania kwietni, owoców, rozgałęzień łodygi, szerokości łodygi, do szybkiego badania, zbieranie danych o czynnikach istotnych dla rozwoju wielu roślin. Odkrywanie tych prawidłowości, może mieć charakter poznawczy, co skutkuje poszerzeniem wiedzy zarówno naukowej jak i użytecznej.

Autor zaproponował skuteczny sposób automatycznego systemu akwizycji obrazu składającego się z autonomicznej platformy mobilnej oraz opracowanego systemu informatycznego dla dwóch

wybranych produktów (ogórka i pomidora). Pozyskane dane i opracowany system pozwala na zmianę sposobu dotychczasowych metod analizowania roślin realizowanych przez ekspertów. Zaproponowaną metodę zdefiniowaną jako Triffid poddał weryfikacji z metodami WinDias i metodą ręczną. Należy przy tym podkreślić na złożoność badań dotyczących zarówno poznania systemu empirycznego, wykorzystania aparatury pomiarowo-badawczej, projektowania platformy mobilnej oraz systemu informatycznego, jak i później wykonanych analiz.

Doktorant z sukcesem uporał się z wieloma trudnościami w opracowaniu systemu do zbierania danych. Analizując rozdział obiekt badawczy i program badań doświadczalnych należy docenić szeroki zakres badawczy jakiego doktorant podjął się w procesie badawczym. Praca ta obejmuje szereg rozwiązań począwszy od budowy konstrukcji platformy jezdnej do opracowania oprogramowania i dokonania pomiarów w warunkach szklarniowych.

Autor rozprawy potwierdza w ten sposób, że potrafi umiejętnie organizować materiał i analizować wyniki. Przeprowadzona weryfikacja metody polegała zarówno na sprawdzeniu wykorzystując analizę statystyczną, oraz poprawność działania systemu informatycznego, jak i oceny wyników w porównaniu z pozyskanymi innymi znanymi metodami. Ocena ta wykazuje w dużej mierze na ich zbieżność, co potwierdza skuteczność opracowanej metody. Wyniki badań oraz ich analiza zostały przedstawione dość przejrzysto i adekwatnie do sformułowanego celu. Zawarte w podsumowaniu i wnioskach konkluzje w większości sformułowano w sposób syntetyczny i poprawny. Mgr inż. Adam Ławicki sformułował z przeprowadzonych badań 7 głównych wniosków.

### **3. Uwagi szczegółowe i pytania**

Należy stwierdzić, że praca mimo dość starannego przygotowania pod względem formalnym i redakcyjnym ma jednak pewne uchybienia w tym zakresie.

- Uwagi dotyczące układu treści i merytoryczne:

1. Tytuł pracy brzmi „opracowanie inteligentnego systemu do zbierania danych na analizie obrazu”. Natomiast w treści pracy autor nie wyjaśnił na czym polega przywołana inteligencja systemu i jakimi kryteriami była ona oceniana przez autora.
2. Problem badawczy powinien być jednoznacznie sformułowany na podstawie zdefiniowanego obszaru niewiedzy naukowej, wynikającego z przeprowadzonego przeglądu literatury. W pracy jest on zbyt ogólny.

3. W mojej ocenie struktura pracy powinna ulec przeredagowaniu by rozdział I cel, zakres oraz teza pracy znajdowały się bezpośrednio po przeglądzie literatury.
4. Sformułowanie celu naukowego odwołuje się do systemu opartego na sieciach neuronowych. Natomiast w treści pracy to zagadnienie zostało scharakteryzowane w stopniu minimalnym. Autor nie wskazał w sposób jednoznaczny jakie zastosował rodzaje sieci, jakimi metodami były uczone, jak również brak informacji o ważnym aspekcie a mianowicie o zbiorze uczącym i jego liczbie przypadków.
5. W pracy przedstawiono dwa gatunki roślin. Jakimi kryteriami kierował się Autor oraz czy na podstawie tych badań możemy wnioskować o przydatności zastosowania tego systemu np. dla papryki?
6. W pracy Autor nie zacytował, żadnej publikacji swoich promotorów. Z czego dorobek Promotora prof. Kalazji jest imponujący. Co było tego powodem?
7. W mojej ocenie należy zmienić kolejność tez pracy. Ponieważ metodycznie w pierwszej kolejności dokonuje się akwizycji (pozyskanie) danych, a następnie dokonuje się modelowania czy też „złożenia modelu” gdyż takiego sformułowania użył autor.
8. Przedkładana praca doktorska jest bardzo obszernym materiałem badawczym i złożonym system z znaczącym potencjałem rozwoju. Dlatego wskazane byłoby opracowanie rozdziału pracy pokazującego dalsze zalecenia rozwoju opracowanej metody i wytworzonego systemu.

- Uwagi redakcyjne

Nauki empiryczne wymagają ścisłych i jednoznacznych określeń, adekwatnych do dyscypliny naukowej oraz precyzyjnego, jednoznacznego formułowania zdań. Wiele zdań można przeredagować z korzyścią dla jakości tekstu.

1. Praca wymaga ujenoliczenia w kontekście systemu cytowań bibliografii.
2. Należy skorygować cytowania internetowe w bibliografii
3. Brak cytowania internetowego (str. 20)
4. Bibliografia w mojej ocenie powinna posiadać numeracje.
5. Brak wyjaśnienia użytego akronimu RFID (str. 22)
6. Rysunek 3 brak informacji procentowej na wykresie.
7. W pracy jest też trochę błędów literowych i gramatycznych.

8. Brak opis ryciny 10, a w rozdziale IV.3 rycin - 11 i 12.
9. Autor w słowach kluczowych użył sformułowania „system wspierania decyzji”, zdecydowanie lepszym określeniem jest „system wspomaganie decyzji”.

#### **4. Podsumowanie**

Powyższe uwagi nie obniżają pozytywnej oceny pracy, stanowią jedynie wskazówki dla Doktoranta dotyczące publikacji wybranych jej części. W ramach ocenianej pracy zastosował prawidłowe, nowoczesne narzędzia badawcze i wykazał się bardzo dobrą znajomością zagadnień z zakresu rolnictwa i ogrodnictwa oraz technologii informatycznych, a także dociekliwością badacza i umiejętnością logicznego wnioskowania. Opracowany system i metoda, jest pełniejszą i bardziej konkurencyjną oceną wielkości takich cech roślin jak: grubość łodygi, powierzchnia liści młodych, starych i jest równoważny pod względem ocen metodzie pomiarów destrukcyjnych wykonanych systemem WinDias 3.0. Pozyskane dane, z wykorzystaniem opracowanej metody, dostarczają wiedzy w rozpoznawaniu zależności w danych istotnych z punktu widzenia produkcji rolniczej, co przyczynić się może do lepszego poznania występujących zjawisk.

#### **5. Ocena końcowa**

Podsumowując uważam, że sformułowany przez Doktoranta problem naukowy oraz postawiony cel pracy w określonym zakresie badań został w pełni osiągnięty przez szczegółowe przebadanie i opisanie związków wynikających z przeprowadzonych w tym zakresie badań eksperymentalnych.

Doktorant wykazała się dobrą znajomością problematyki w zakresie wynikającym z tematu rozprawy oraz dobrym przygotowaniem metodologicznym i formalnym do oryginalnego rozwiązania problemu naukowego, co w pełni potwierdza przygotowanie Doktoranta do samodzielnej pracy naukowej.

Recenzowana praca spełnia wymagania stawiane pracom doktorskim zawarte w Ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (tekst jednolity: Dz. U. z 2017 r., poz. 1789), która obowiązuje dla prowadzonego postępowania na podstawie Art. 179 ust. 1, Ustawy z dnia 3 lipca 2018 roku Przepisy wprowadzające ustawę - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669).

**Stawiam wniosek o przyjęcie rozprawy doktorskiej pt. „*Opracowanie inteligentnego, mobilnego systemu do analizy obrazu roślin w środowisku szklarniowym*” i dopuszczenie mgr.**

**inż. Adama Ławickiego do jej publicznej obrony w Instytucie Technologiczno-Przyrodniczym  
w dziedzinie nauk rolniczych w dyscyplinie rolnictwo i ogrodnictwo.**



dr hab. inż. Krzysztof Koszela

*dr hab. inż. Krzysztof Koszela*