

dr hab. Piotr Dąbrowski
Katedra Kształtowania Środowiska
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie
Nowoursynowska 159
02-776 Warszawa

Warszawa, 06.05.2019 r.

Recenzja

rozprawy doktorskiej mgr inż. **Adama Ławickiego** pt. „*Opracowanie inteligentnego, mobilnego systemu do analizy obrazu roślin w środowisku szklarniowym*” przygotowana w odpowiedzi na zlecenie Pana prof. dr hab. inż. Wiesława Dembka.

Ogólna charakterystyka

Przedstawiona do oceny praca mgr inż. Adama Ławickiego została wykonana pod kierunkiem dr hab. Hazema Kalaji, prof. SGGW i promotora pomocniczego dr Wacława Strobla. Praca została wykonana w Instytucie Technologiczno – Przyrodniczym w Falentach. Rozprawa została napisana starannym i bardzo komunikatywnym językiem. Dużym plusem rozprawy jest także brak typowych literowych błędów komputerowych. Układ pracy jest logiczny i zgodny z typowymi pracami doktorskimi. Składa się ona z 6 rozdziałów, z czego 5 pierwszych (poza wstępem, który nie jest numerowany, tak samo jak spis literatury) posiada podrozdziały. Należy podkreślić, że Doktorant prawidłowo umieścił przegląd literatury przed celami pracy. Przegląd literatury powinien nie tylko wprowadzić czytelnika w tematykę, ale też udowodnić zasadność postawionych celów. Praca zawiera 99 strony, 9 tabel, 22 ryciny (wykresy z wynikami, fotografie dokumentujące prace badawcze). Zacytowano w niej 73 pozycje literatury, w tym tylko 3 w języku polskim i 4 źródła internetowe. Praca wydana została w postaci zwartego, sformatowanego i oprawionego wydruku komputerowego.

Tematyka pracy

Ze względu na rosnącą liczbę ludności, w celu zaspokojenia zapotrzebowania na produkty rolne, w ciągu najbliższych 30 lat wyprodukuje się biomasę równą tej, która została dotychczas wyprodukowana od początku funkcjonowania rolnictwa. W połączeniu z gwałtownym rozwojem technologicznym, wymusza to rozwój fenotypowania roślin. Dotychczas podstawowym narzędziem służącym do oceny stanu roślin była metoda wizualna, gdzie ekspert arbitralnie oceniał stan i wzrost roślin. Ze względu na liczne wady, od wielu lat poszukuje się metod przewidywania i oceny wpływu różnych niesprzyjających warunków

środowiska (stresorów) na stan fizjologiczny roślin, ich wzrost oraz produkcję biomasy. Zadanie to jest dość trudne ze względu na złożoność mechanizmów obronnych roślin. Jest ona bowiem jedynym żywym organizmem, który musi dostosować się i przetrwać oddziaływanie wszystkich stresorów *in situ*, czyli w miejscu swojego wzrostu.

Przed rewolucją elektroniczną ocena stanu roślin w laboratoriach była wykonywana za pomocą ciężkich i skomplikowanych aparatów. Pomiarów te były na ogół inwazyjne, destrukcyjne, kosztowne i przede wszystkim niezwykle czasochłonne. Rozwój elektroniki i informatyki zaowocował powszechnym dostępem do przenośnej, skomputeryzowanej aparatury umożliwiającej przeprowadzanie pomiarów, ale głównie w warunkach polowych. Są to półautonomiczne systemy wykorzystywane w rolnictwie na poziomie upraw otwartych (maszyny rolnicze sterowane GPS, aplikacje).

W takich uprawach pomiary wykonuje się za pomocą technik teledetekcyjnych, a same czujniki mogą być zainstalowane np.: na bezzałogowych statkach powietrznych (drony) lub na łazikach lądowych. Na terenie szklarni jednak ani jedno, ani drugie rozwiązanie nie może być zastosowane ze względu na zbyt małą przestrzeń potrzebną do przelotu drona lub zbyt małą przestrzeń między rzędami potrzebnej do przejazdu łazika w szklarni. Doktorant wykazał więc w przeglądzie literatury, że istnieje konieczność opracowania inteligentnego systemu opartego o platformę jezdnią przeznaczonego do zbierania danych w warunkach szklarniowych. Łazik taki mógłby być wyposażony w aparaty zbierające dane różnego typu, a także w system obrabiania tych danych.

Autor jako cel pracy postawił stworzenie takiego inteligentnego systemu opartego o sieci neuronowe oraz obróbkę obrazu do zbierania danych o stanie roślin w warunkach szklarniowych. W założeniu zastosowanie tego systemu w szklarniach pozwoliło by na zmianę sposobu analizowania roślin przez ekspertów (czynnik ludzki) na układ obserwacji i pomiaru roślin przez roboty (narzędzie informatyczne). Doktorant wykazał również, że zaplanowany do wdrożenia automatyczny system zbierania danych i wspierania decyzji w uprawach roślin będzie ważną innowacją na rynku szklarniowej uprawy warzyw, przyczyniając się zwłaszcza w Europie do jakościowego i ilościowego wzrostu produkcji warzyw szklarniowych. Na podstawie wyników badań przeprowadzonych z ogórkami pomidorami można podjąć decyzję o wdrożeniu nowego narzędzia do produkcji pod osłonami (uruchomienie produkcji systemu oraz rozpoczęcie jego instalowania w szklarniach).

Wartość naukowa pracy

W ocenianej rozprawie postawiono trzy tezy badawcze:

- 1) Dostępne systemy nie spełnią swego zadania do pozyskania danych w warunkach produkcyjnych.
- 2) Obróbka stereoskopowego obrazu pozwoli na złożenie modelu 3D w dokładności do 0,1 mm za pomocą hybrydowych algorytmów w środowisku `c#`, `c++`, `.Net`, `CUDA`.
- 3) Obróbka stereoskopowego obrazu pozwoli na pozyskanie danych w dokładności do 0,1 mm za pomocą hybrydowych algorytmów w środowisku `c#`, `c++`, `.Net`, `CUDA`.

Tezy robocze, wyznacznik układu i treści pracy, sformułowano prawidłowo. Wynikają one z dobrze przeprowadzonego przeglądu literatury, a w szczególności z zawartego w nim obecnego stanu badań w zakresie problematyki pracy. W celu weryfikacji tez, oraz aby spełnić wymogi niezbędne do osiągnięcia założonych celów zrealizowano badania dotyczące pozyskania wiedzy z zakresu analizy obrazu warzyw szklarniowych. W drugim etapie badań zostały przeprowadzone prace w celu pozyskania wiedzy związanej z samodzielnym poruszaniem się platformy do pracy w szklarni. W ramach tego etapu powstał również prototyp podwozia do testowania w warunkach laboratoryjnych. W trzecim etapie badań przemysłowych zostały przeprowadzone prace w celu pozyskania wiedzy na temat sterowania wysięgnikiem wraz z różnymi modułami kamerowymi. W ramach tego etapu powstał również prototyp wysięgnika do testowania w warunkach laboratoryjnych. W ostatnim etapie – pracach rozwojowych powstał ostateczny prototyp systemu składający się z części sprzętowych i oprogramowania. Przygotowany prototyp przeszedł testy w warunkach szklarniowych. Jako roślinę testową wybrano ogórka i pomidora. Testy przeprowadzono na terenie szklarni SGGW w Warszawie.

Wyniki badań omówiono bardzo szczegółowo i wnikliwie. Opis wyników wskazuje na wysoki poziom wiedzy Doktoranta w zakresie tematyki objętej badaniami. Ważnym walorem naukowym rozprawy doktorskiej jest wnikliwe przetestowanie proponowanych rozwiązań inżynierskich w praktyce. Sformułowane wnioski wynikają z analizy wyników przeprowadzonych badań własnych oraz przeanalizowanej szeroko dokumentacji i mają zarówno charakter poznawczy, jak i aplikacyjny.

Rozdział Wyniki i Dyskusja są zaprezentowane w sposób bardzo czytelny za sprawą zarówno dobrze skonstruowanego podrozdziału rozprawy, formy jej przedstawienia i opisu. Dyskusja wyników badań uwzględnia wiele wątków. Zawarte w podsumowaniu i wnioskach konkluzje w większości sformułowano w sposób syntetyczny i poprawny. Mgr inż. Adam Ławicki wyciągnął z przeprowadzonych badań 7 głównych wniosków. Przedstawione wnioski ustawiono zgodnie z przyjętą w pracy metodyką i przeprowadzoną dyskusją.

Wnioski te odpowiadają zadaniom postawionym w celu badań i poruszają najważniejsze kwestie wynikające z przeprowadzonych badań, a zgromadzony obfity materiał badawczy w pełni upoważnia Doktoranta do ich upowszechnienia.

Uwagi krytyczne i pytania

Doktorant, mimo trudu wniesionego w recenzowaną pracę, nie uniknął pewnych błędów czy przeoczeń, które powinny być wyeliminowane:

- na stronach 75 – 76 cytowania literatury zawierają po nazwiskach cytowanych autorów skrót „et al.”, podczas gry w pozostałych częściach pracy jest skrót „i in.”. Należy ujednoczyć formę cytowania źródeł,

- cały podrozdział V.1.1. powinien zostać przeniesiony do przeglądu literatury. Są to bardzo wnikliwie omówione techniki przetwarzania obrazu, ale raczej nie jest to dyskusja własnych wyników,

- osobiście preferuję numerowanie rozdziałów i podrozdziałów tylko za pomocą liczb arabskich. Używanie liczb rzymskich do numerowania rozdziałów, a arabskich do numerowania podrozdziałów powoduje chaos,

- pewien chaos wkraść się także w spis bibliografii. Poszczególne cytowania charakteryzują się zastosowaniem różnych stylów. Choć nie są to różnice istotne, ale jednak zauważalne: w jednym cytowaniu po roku publikacji jest dwukropek, innym razem jest kropka, a jeszcze w innym cytowaniu rok publikacji jest w nawiasie. Większość źródeł ma nazwy czasopism wymienione w całości, ale czasem są podane jako skrót,

- słowa kluczowe nie powinny się powtarzać ze słowami z tytułu. Wydaje się też, że w słowach kluczowych brakuje słowa „fenotypowanie”,

- opis rycin powinien być bez kropki na końcu zdania,

- w opinii recenzenta fragmenty kodu mogły by być zamieszczone jako załącznik,

- mimo wszystko uważam, że zarówno wstęp, jak i literatura powinny być numerowane.

- warto by było dodać spis tabel i rycin uwzględnionych w pracy, a także zamieścić wykaz stosowanych skrótów na początku rozprawy

Po zapoznaniu się z pracą mogą nasuwać się też pewne uwagi, które powinny być przedyskutowane:

1. Jak Doktorant by zinterpretował fakt, że wyniki powierzchni liścia pomierzone przez Triffid i WinDias są do siebie bardzo zbliżone jeżeli chodzi o rząd wielkości, natomiast met. ręczna daje wyniki dużo większe, choć nadal trend zmian jest podobny jak u poprzednich metod?
2. Na jakiej podstawie (jaka była metodyka) ustalono podstawowe wymagania stawiane systemowi (Rycina 13)?
3. W jaki sposób wprowadzano uszkodzenia mechaniczne badanych roślin?
4. Generalnie omówienie wyników jest obszerne, jednak w rozdziale IV.2. należy uzupełnić opis ryciny 10, a w rozdziale IV.3 rycin - 11 i 12.
5. Badano dwa gatunki roślin. Czy na podstawie przeprowadzonej analizy statystycznej możliwe jest wnioskowanie o przydatności tego systemu dla innych roślin?

Reasumując, pomimo przedstawionych uwag, które mogą mieć charakter dyskusyjny, pozytywnie oceniam pracę mgr inż. Adama Ławickiego pt. *„Opracowanie inteligentnego, mobilnego systemu do analizy obrazu roślin w środowisku szklarniowym”*. Recenzowana rozprawa dotyczy bardzo aktualnej problematyki i wnosi nowe i oryginalne elementy wiedzy z zakresu fenotypowania roślin w warunkach szklarniowych, a także mieści się w dziedzinie nauk rolniczych. Z uwagi na szeroki zakres analizy i specyfikę zagadnienia fenotypowania rozprawa doktorska ma w dużym stopniu charakter interdyscyplinarny, na styku agronomii, fizjologii roślin i hodowli roślin. Dociekliwość naukowa, osiągnięty już teraz poziom interpretacji wyników badań własnych wskazują na Doktoranta, jako zdolnego i niewątpliwie dobrze zapowiadającego się naukowca. Zawarte w recenzji uwagi krytyczno-diskusyjne i polemiczne, a także sugestie nie umniejszają istotnie wartości merytorycznej rozprawy. Proponuję uwzględnić je przy publikowaniu wyników badań. Przedstawiony w rozprawie materiał dowodzi, że Doktorant wykazał się dużą umiejętnością organizowania i prowadzenia

badania w warunkach kontrolowanych. Nie mam też najmniejszych wątpliwości, że praca ta mieści się w dziedzinie nauk rolniczych, dyscyplina rolnictwo i ogrodnictwo.

Praca doktorska Pana mgr inż. Adama Ławickiego spełnia wymogi wynikające z Ustawy 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).

Wnioskuje zatem do Rady Naukowej Instytutu Technologiczno – Przyrodniczego w Falentach o przyjęcie rozprawy i dopuszczenie jej Autora, mgr inż. Adama Ławickiego do dalszych etapów przewodu doktorskiego i publicznej obrony.

Warszawa, dnia 06.05.2019 r.

Piotr Dąbrowski

