

dr hab. inż. Wojciech ANIGACZ  
prof. Uczelni (Polit. Opolskiej)

Opole, 14 listopada 2022 r.

**Recenzja rozprawy doktorskiej mgra inż. Mateusza ŻARSKIEGO  
„ WIZJA KOMPUTEROWA I TRANSFER LEARNING W INSPEKCIACH  
BETONOWYCH OBIEKTÓW MOSTOWYCH”**

Podstawa formalna: umowa nr 2787/UMC/RBO-2/2022 z dnia 27-09-2022

Wykonując recenzję oparłem się na ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, t.j. Dz. U. z 2020 r. poz. 85, z późniejszymi zmianami oraz punkcie nr 4 i nr 5 ww. umowy.

Recenzja zawiera:

1. Przedstawienie podstawowych danych o kandydacie.
2. Przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej,
  - a) tytuł rozprawy doktorskiej stanowiącej podstawę ubiegania się w aktualnym postępowaniu o nadanie stopnia doktora,
  - b) ocena układu rozprawy doktorskiej, w tym informacje o jej poszczególnych częściach składowych,
  - c) ocena zastosowanego piśmiennictwa w ramach rozprawy doktorskiej,
  - d) wskazanie oraz ocena pracy kandydata,
  - e) wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych,
  - f) ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań,
  - g) informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań,
3. Uwagi i kwestie dyskusyjne,
4. Wniosek końcowy.

**1. - pkt 5.1.(umowy), przedstawienie podstawowych danych o kandydacie, w tym:**

- dane o kandydacie czerpałem z dwóch źródeł, tj. *Opinia na temat kandydata na studia doktoranckie*, autorstwa prof. Marka Salamaka oraz CV kandydata. Z obu dokumentów wynika, że kandydat posiada predyspozycje do pracy naukowej poparte publikacjami, zainteresowaniami naukowymi i wykonywaną pracą zawodową, w której może te predyspozycje wykorzystać.

- **pkt 5.1.a.** stopień mgra inż. uzyskał w roku 2017, na Politechnice Śląskiej w Gliwicach na kierunku Budownictwo w specjalności Konstrukcje Budowlane i Inżynierskie: Mosty.

- **pkt 5.1.b.** dotychczas kandydat nie ubiegał się o nadanie stopnia doktora.

- **pkt 5.1.c.** doświadczenie zawodowe,

- praca w Przedsiębiorstwie Budowlano-Produkcyjnym Łęgprzem, pomocnik kierownika budowy, w okresie 9.2014 – 12.2014

- od maja 2017 pracuje w Zakładzie Nowych Technologii i Wdrożeń Inmost-Projekt Sp. z o.o. w Gliwicach

W tym punkcie należy uwypuklić jako ponadprzeciętne osiągnięcia Doktoranta w dziedzinie programowania komputerowego, znajomości języków obcych i aktywności publikacyjnej.

2. - pkt 5.2. przedstawienie informacji o ocenianej rozprawie doktorskiej, w tym:

- pkt 5.2.a. tytuł rozprawy doktorskiej, "Wizja komputerowa i transfer learning w inspekcjach betonowych obiektów mostowych".

**Tematyka pracy posiada bardzo istotne znaczenie praktyczne uzasadnione społecznym zapotrzebowaniem.**

- pkt 5.2.b. Informacja o częściach składowych rozprawy.

Na rozprawę składa się siedem rozdziałów.

**W pierwszym** umieszczony został wykaz oznaczeń, słownik skrótów, a także uzasadnienie wyboru tematu pracy, jej tezy, główne cele oraz zakres.

**Drugi rozdział** zawiera przegląd literatury. Autor przedstawił aktualny stan wiedzy na temat metod przeprowadzania przeglądów infrastruktury mostowej na świecie i w Polsce oraz przegląd prac naukowych w zakresie nowoczesnych technologii w zarządzaniu infrastrukturą mostową.

**Rozdział trzeci** skupia się na omówieniu pojęcia sztucznej inteligencji. Opisuje metody SI w kontekście obecnego wykorzystania w inżynierii budowlanej oraz obecne w literaturze połączenie z wizją komputerową. Przedstawia opis teoretyczny głębokich metod SI wykorzystywanych w rozprawie – klasycznych sieci neuronowych oraz ich wariantu – konwolucyjnych sieci neuronowych. Podano również przykładowe zastosowania konwolucyjnych sieci neuronowych.

**W czwartym rozdziale** przedstawiona została propozycja metody wykorzystującej wizję komputerową oraz SI do wspomagania inspekcji obiektu mostowego. Opisane zostały narzędzia, które posłużyły do jej utworzenia, środowisko programistyczne oraz wykorzystane biblioteki. Następnie opisany został proces zbierania i oceny zbioru uczącego z wykorzystaniem autorskich algorytmów wizji komputerowej. W kolejnej części rozdziału autor skupia się na przedstawieniu proponowanej architektury sieci, a następnie przechodzi do opisu wykorzystanych technik wspomagających jej uczenie, z których ostatecznie zostaje wybrana jedna. Rozdział zawiera także opis metod, które umożliwiają wykorzystanie sieci poddanej treningowi jako detektor obiektów na obrazie oraz ocenę skuteczności w wykrywaniu rys na powierzchniach betonowych proponowanego rozwiązania. W tym rozdziale przedstawiony został opis opracowanego na potrzeby pracy narzędzia inżynierskiego – zbioru algorytmów uczenia maszynowego KrakN, służącego do automatyzacji wykrywania uszkodzeń powierzchni betonowych.

**Piąty rozdział** zawiera opis eksperymentu badawczego, będącego podstawą do potwierdzenia głównej tezy rozprawy. Opisane zostały założenia tego eksperymentu, a także jego przebieg. Wyznaczono wskaźniki wydajności sieci między proponowanym rozwiązaniem, a siecią, której wagi przed treningiem inicjalizowane były od wartości losowych. Porównane zostały także możliwości treningu algorytmów przy wykorzystaniu budżetowych stacji obliczeniowych odpowiadających możliwościom typowego komputera klasy biurowej, stacji specjalistycznej wykorzystującej dedykowany procesor obliczeniowy oraz maszyny wykonującej obliczenia w chmurze. Proponowane rozwiązanie jest też porównane z aktualnymi, wykazującymi się największą dokładnością rozwiązaniami obecnymi w literaturze. W końcowej części rozdziału opisane zostały dodatkowe możliwości zwiększenia skuteczności wykrywania uszkodzeń przez proponowane rozwiązanie oraz podsumowanie wyników eksperymentu.

**Rozdział szósty** podejmuje tematykę powiązania bezwymiarowego obrazu cyfrowego RGB z fizycznymi wymiarami obiektów na obrazie. Przedstawione zostały techniki pozwalające na pomiar fizycznych cech obiektów na obrazie, a następnie projekt i budowa urządzenia współpracującego z systemem Android, umożliwiającego pomiar długości celowej w trakcie przechwytywania obrazu. Moduł ten otrzymał własną nazwę – SmartMeasure i został dokładnie opisany tak ze względu na jego fizyczną

Przedmiotem rozprawy było opracowanie propozycji systemu mogącego przyczynić się do zwiększenia efektywności pracy inspektora mostowego. W badaniach skupiono się na uszkodzeniach powierzchni betonowych w postaci rys lub pęknięć. Rysy o niewielkiej rozwarości są zwykle trudne do wskazania i identyfikacji podczas tradycyjnych inspekcji wizualnych. Uniwersalność i elastyczność zaproponowanego rozwiązania pozwala zastosować je również w przypadku innych defektów na betonowych powierzchniach, jak np. zabrudzeń, ubytków, korozji czy wykwitów.

Bardzo istotną zaletą proponowanej metody jest możliwość użycia jej na budżetowych stacjach obliczeniowych odpowiadających możliwościom typowego komputera klasy biurowej co powinno przekładać się na praktyczne zastosowanie proponowanej metody.

### 3. Uwagi.

Tematyka pracy posiada bardzo istotne znaczenie praktyczne uzasadnione społecznym zapotrzebowaniem. Moim zdaniem praca posiada duży walor aplikacyjny.

Częstkowe oceny rozprawy doktorskiej starałem się podawać odpowiadając na kolejne punkty zawarte w umowie na wykonanie recenzji. Postawiona we wstępie pracy teza została udowodniona a cel osiągnięty.

W oparciu o powyższe stwierdzam, że zdefiniowane przez Autora cele rozprawy, jak też wynikające z nich zadania badawcze są prawidłowe, a zastosowana metodyka badawcza, pomiarowa i obliczeniowa stanowi jego oryginalne podejście do rozpatrywanego problemu naukowego. Stanowi to zarazem wkład Autora w rozwój dyscypliny naukowej, której poświęcona jest rozprawa doktorska. Przedstawione w rozprawie zagadnienia naukowe sprecyzowane zostały w sposób prawidłowy, a wnioski posiadają istotny walor zarówno poznawczy jak i aplikacyjny.

Jeśli chodzi o wyróżnienie pracy, chciałbym tą decyzję pozostawić na czas dyskusji na posiedzeniu rady dyscypliny naukowej Inżynieria lądowa, geodezja i transport po publicznej obronie pracy.

### 4. Wniosek końcowy.

Po szczegółowym zapoznaniu się z rozprawą doktorską mgra inż. Mateusza ŻARSKIEGO zatytułowaną "Wizja komputerowa i transfer learning w inspekcjach betonowych obiektów mostowych", wykonaną pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Salamaka stwierdzam, że Doktorant przedstawił oryginalne rozwiązanie problemu inżynieryjno-naukowego, wykazał się wiedzą w zakresie przedstawionej rozprawy oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia badań naukowych.

**Moim zdaniem, przedstawiona do oceny rozprawa doktorska spełnia wymagania podane w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, t.j. Dz. U. z 2020 r. poz. 85, z późniejszymi zmianami. W związku z tym stawiam wniosek o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.**

  
Wojciech Anigacz

budowę, jak i oprogramowanie logiki jego działania. Ostatnia część rozdziału przedstawia możliwości ekstrakcji cech fizycznych obiektów na obrazie z wykorzystaniem zbudowanego dodatkowego urządzenia oraz metod uczenia maszynowego, a także podejmuje się oceny dokładności opracowanego rozwiązania.

**Rozdział siódmy** rozprawy to podsumowanie pracy oraz wnioski wyciągnięte z przeprowadzonych badań. Oceniony został w nim stopień osiągnięcia zakładanego w rozprawie celu. Rozprawa została podsumowana oraz omówione zostały kierunki prowadzenia dalszych prac.

**Podsumowując, układ rozprawy doktorskiej oceniam jako poprawny.**

- pkt 5.2.c. ocena zastosowanego piśmiennictwa. **Piśmiennictwo poprawne.**

- pkt 5.2.d. wskazanie oraz ocena celu pracy kandydata. Głównym celem prezentowanej rozprawy było dostarczenie łatwego do wdrożenia, opartego na głębokim uczeniu się narzędzia inżynierskiego do wykrywania uszkodzeń na powierzchniach betonowych oraz budowania zbiorów treningowych. Istotną zaletą zaproponowanego rozwiązania jest zwiększenie efektywności okresowych inspekcji obiektów mostowych, które jednocześnie nie zmieniają w sposób znaczny metody prowadzenia inspekcji oraz jej kosztów. **Cel pracy sformułowano prawidłowo.**

- pkt 5.2.e. wskazanie oraz ocena zastosowanych metod badawczych.

W rozprawie wykorzystano szereg metod badawczych. Podstawowa z nich, powszechnie stosowana w pracach naukowych, to metoda analizy i krytyki piśmiennictwa. Doktorant wykorzystał w rozprawie także metodę eksperymentalną. W przypadku rozprawy to techniki transfer learning do treningu sieci neuronowej oraz dodatkowej aparatury pomiarowej w procesie pobierania obrazu, a następnie obserwacji zmian powstałych na jego skutek.

**Zastosowane metody badawcze są adekwatne i wystarczające do postawionego celu i tezy pracy. Doktorant wykazał się dużą swobodą w posługiwaniu się wykazanymi metodami badań.**

**Tu nasuwa się kilka pytań do Doktoranta:**

- jaki jest procentowy stopień pokrycia zdjęć?
- jak zachowywano prostopadłość osi celowej kamery do fotografowanej płaszczyzny?
- jak fotografować (zachować prostopadłość osi celowej kamery do płaszczyzny fotografowanego obiektu) podpory mostu np. o przekroju kołowym przy fotografowaniu „ręcznym” i z drona?
- czy w badanym zagadnieniu można wykorzystać metody określania współrzędnych znane ze stereofotogrametrii?
- jakie jest zdanie Doktoranta na temat możliwości wykorzystania skaningu laserowego 3D bliskiego zasięgu zamiast fotografii?

W tym miejscu mam prośbę do Doktoranta o zaprezentowanie na obronie telefonu komórkowego z przystawką dalmierczą, telefonu wykorzystanego do badań, tj. systemu SmartMeasure. W rozprawie doktorskiej jest opis urządzenia ale brakuje jego zdjęcia.

Może spróbować opatentować przedstawioną technologię.

- pkt 5.2.f. ocena części rozprawy doktorskiej dotyczącej omówienia wyników badań.

Doktorant każdy rozdział rozprawy kończył podsumowaniem zawierającym ocenę własną opisywanego zagadnienia. W rozdziale siódmym (końcowym) podsumował całość badań.

**Sposób przeprowadzenia badań jak i wyciągnięte wnioski oceniam bardzo wysoko.**

- pkt 5.2.g. informacje dotyczące praktycznego zastosowania uzyskanych wyników badań.