

P R O T O K Ó Ł
z Kolokwium Habilitacyjnego przeprowadzonego w dniu 16 lutego 2026 r.
dr. inż. Pawła Burdziakowskiego

Porządek kolokwium habilitacyjnego:

1. Prezentacja przez Habilitanta osiągnięć naukowych wynikających z:
 - a. monotematycznego cyklu artykułów pt. „Metodyka poprawy jakości opracowań fotogrametrycznych z niskiego pułapu lotniczego, w szczególności dla danych obrazowych pozyskanych z wiroplatów w terenie silnie zurbanizowanym”;
 - b. monotematycznego cyklu artykułów pt. „Algorytmy filtracji, integracji i ekstrakcji danych z opracowań fotogrametrycznych z niskiego pułapu i bliskiego zasięgu”.
2. Syntetyczne przedstawienie najistotniejszych wniosków z recenzji.
3. Dyskusja publiczna.

Ad. 1

Dr inż. Paweł Burdziakowski przedstawił kolejno oba osiągnięcia naukowe skupiając się na problemach badawczych, które podjął rozwiązać w swojej pracy. Następnie przedstawił zwięźle swoją aktywność naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, uznając ją jako istotną.

Ad. 2

Następnie recenzenci przedstawili główne wnioski ze swoich recenzji. Wszystkie recenzje były pozytywne i zakończone zostały jednoznacznymi stwierdzeniami, iż dorobek dr. inż. Pawła Burdziakowskiego spełnia wymagania ustawowe oraz stwierdzeniami o poparciu wniosku o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport.

W dalszym ciągu protokołu przedstawiono najistotniejsze, zawarte w recenzjach i uzupełniających wypowiedziach sformułowania, dotyczące kolejno:

Dr hab. inż. Grzegorz Jóźków w recenzji pozytywnie ocenił dorobek naukowy dr. inż. Pawła Burdziakowskiego, wskazując na jego spójny i konsekwentnie rozwijany profil badawczy w obszarze fotogrametrii niskiego pułapu (z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych). Podkreślił znaczący wkład Habilitanta w rozwój metod poprawy jakości obrazów, algorytmów filtracji, integracji i ekstrakcji danych fotogrametrycznych oraz ich zastosowań w środowisku zurbanizowanym. Zwrócił uwagę na nowoczesny charakter prowadzonych badań, w tym wykorzystanie metod opartych na sieciach neuronowych oraz wkład w rozwój fotogrametrii BSP w warunkach nocnych, w tym zaprojektowanie konfiguracji sensorów do takich pomiarów oraz skonstruowanie prototypowego BSP.

Jednocześnie recenzent dość szeroko wskazał na liczne uwagi krytyczne i merytoryczne, dotyczące m.in. konstrukcji eksperymentów, jednoznaczności wniosków, doboru danych testowych, a także precyzji terminologicznej i interpretacji wyników. Podkreślił, że część przedstawionych rozwiązań ma charakter modyfikacji znanych metod, a nie zawsze jednoznacznie nowatorskich koncepcji, oraz że niektóre wnioski zostały sformułowane zbyt daleko idąco w stosunku do zaprezentowanych wyników badań. Recenzent odniósł się również

do aktywności naukowej, dydaktycznej i organizacyjnej Kandydata, wskazując na jego zaangażowanie w projekty badawcze, współpracę międzynarodową oraz działalność popularyzatorską. Zauważył jednak, że dorobek ten w ograniczonym stopniu wykracza poza macierzystą jednostkę – Politechnikę Gdańską.

W konkluzji dr hab. inż. Grzegorz Józków stwierdził, że przedstawione przez Habilitanta osiągnięcia naukowe, obejmujące cykl tematycznie powiązanych artykułów, stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport. Podkreślił, że cykl publikacji ma charakter spójny i konsekwentnie rozwija określoną problematykę badawczą. Recenzent wskazał również, że Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni i instytucji naukowej, w tym we współpracy z ośrodkami krajowymi i zagranicznymi, co spełnia wymagania ustawowe stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego.

Dr hab. inż. Marek Mróz w swojej recenzji szczegółowo i krytycznie ocenił dorobek naukowy dr. inż. Pawła Burdziakowskiego, koncentrując się na dwóch wskazanych osiągnięciach naukowych w postaci cykli publikacji dotyczących: 1) poprawy jakości opracowań fotogrametrycznych z platform BSP oraz 2) algorytmów filtracji, integracji i ekstrakcji informacji z danych fotogrametrycznych. Recenzent wskazał, że tematyka ta mieści się w obszarze dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, a część prac – w szczególności dotyczących badań oświetlenia, kalibracji kamer oraz konstrukcji specjalistycznych platform BSP – posiada walor osiągnięcia technologicznego, w tym elementy o charakterze innowacyjnym.

Jednocześnie recenzent sformułował bardzo liczne i rozbudowane uwagi merytoryczne – zarówno co do metodyki jak i stosowanej terminologii. Dotyczyły one m.in. niewystarczającej walidacji wyników, błędów w projektowaniu nalogów fotogrametrycznych, nieuprawnionych uogólnień wniosków, ograniczenia analiz do jednego oprogramowania fotogrametrycznego, a także niedostatecznego odniesienia do klasycznego warsztatu fotogrametrycznego. W ocenie recenzenta jakość merytoryczna publikacji cyklu A była wyraźnie zróżnicowana, a cykl B miał charakter mało spójny i w dużej mierze dotyczył problemów inżynierskich, z bardzo ograniczonym wkładem w rozwój dyscypliny ILGiT.

Recenzent docenił natomiast aktywność naukową Habilitanta realizowaną w więcej niż jednej instytucji, w tym współpracę krajową i międzynarodową, udział w projektach badawczych, dorobek technologiczny oraz działalność dydaktyczną i organizacyjną.

W konkluzji dr hab. inż. Marek Mróz, po uwzględnieniu zarówno pozytywnych aspektów, jak i licznych uwag krytycznych, stwierdził, że przedstawione osiągnięcia naukowe Habilitanta, ujęte w formie tematycznie powiązanych cykli artykułów, stanowią **wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport**, choć w jego ocenie spełniają to kryterium w stopniu minimalnym. Recenzent uznał, że **cykle publikacji są powiązane tematycznie** i dokumentują systematycznie realizowany program badawczy. Jednocześnie potwierdził, że Habilitant wykazuje się **istotną aktywnością naukową** realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej, co pozwala uznać wymagania ustawowe za spełnione.

Dr hab. inż. Dorota Zawieska w swojej recenzji pozytywnie oceniła dorobek naukowy dr. inż. Pawła Burdziakowskiego, wskazując na jego istotny i spójny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, w szczególności w obszarze fotogrametrii niskiego pułapu oraz zastosowań bezzałogowych statków powietrznych. Podkreśliła znaczenie cykli publikacji poświęconych metodom poprawy jakości danych obrazowych, algorytmom filtracji, integracji i ekstrakcji danych fotogrametrycznych oraz ich praktycznym zastosowaniom w złożonych warunkach pomiarowych i środowiskowych. Zwróciła uwagę na wysoki poziom

merytoryczny prac, ich osadzenie w aktualnych trendach badawczych oraz na wyraźnie zaznaczony, indywidualny wkład Habilitanta w realizowane badania.

Recenzentka odnotowała również pewne ograniczenia, wskazując m.in. na nierówny stopień nowatorstwa poszczególnych publikacji oraz fakt, że część rozwiązań stanowi rozwinięcie znanych metod, a nie całkowicie nowe koncepcje. Uwagi te miały jednak charakter porządkujący i nie podważały wartości naukowej przedstawionych osiągnięć.

W podsumowaniu dr hab. inż. Dorota Zawieska stwierdziła, że oceniane osiągnięcia naukowe Habilitanta, ujęte w postaci dwóch **tematycznie spójnych cykli** publikacji, stanowią **znaczny** i udokumentowany **wkład w rozwój dyscypliny** inżynieria lądowa, geodezja i transport. Zwróciła uwagę, że cykle artykułów są wyraźnie **powiązane tematycznie** i dotyczą istotnych, aktualnych problemów badawczych. Recenzentka stwierdziła ponadto, że Habilitant wykazuje się **istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni** oraz instytucji naukowej, co potwierdza spełnienie ustawowych kryteriów postępowania habilitacyjnego.

Dr hab. inż. Jacek Łubczonek w swojej recenzji pozytywnie ocenił dorobek naukowy dr. inż. Pawła Burdziakowskiego, podkreślając konsekwentnie rozwijany i jasno zdefiniowany profil badawczy w obszarze fotogrametrii, teledetekcji oraz przetwarzania danych przestrzennych, ze szczególnym uwzględnieniem zastosowań bezzałogowych statków powietrznych. Zwrócił uwagę na stopniowe przechodzenie od zagadnień stricte metodycznych do rozwiązań aplikacyjnych, testowanych w realistycznych i często trudnych warunkach pomiarowych, takich jak środowisko silnie zurbanizowane, ograniczone lub sztuczne oświetlenie oraz pomiary nocne.

Recenzent podkreślił wysoką wartość dwóch wskazanych osiągnięć naukowych, obejmujących cykle tematycznie spójnych publikacji dotyczących metod poprawy jakości opracowań fotogrametrycznych z niskiego pułapu oraz algorytmów filtracji, integracji i ekstrakcji danych z opracowań fotogrametrycznych i chmur punktów. Wskazał, że przedstawione osiągnięcia mają charakter kompleksowy, łączący aspekty metodyczne i algorytmiczne, a zaproponowane rozwiązania prowadzą do realnego rozszerzenia możliwości praktycznego zastosowania fotogrametrii BSP i przyczyniają się do rozwoju metod badawczych w reprezentowanej dyscyplinie.

Zwrócił również uwagę na istotny i dobrze udokumentowany indywidualny wkład Habilitanta w powstawanie prac współautorskich, w tym pełnienie roli autora korespondencyjnego oraz wiodącej roli w projektowaniu badań, analizie wyników i przygotowaniu publikacji. Recenzent wskazał ponadto na szeroką aktywność naukową realizowaną we współpracy z wieloma ośrodkami krajowymi i zagranicznymi.

W podsumowaniu dr hab. inż. Jacek Łubczonek jednoznacznie stwierdził, że wskazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe, obejmujące tematycznie powiązane cykle publikacji, mają charakter kompleksowy i stanowią **znaczny wkład w rozwój dyscypliny** inżynieria lądowa, geodezja i transport. Podkreślił **spójność tematyczną cykli artykułów** oraz ich osadzenie w jasno określonym profilu badawczym. Recenzent jednoznacznie wskazał również, że Habilitant wykazuje się **istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni** i instytucji naukowej, w tym w ramach współpracy krajowej i międzynarodowej, co spełnia wymagania określone w ustawie.

Ad. 3

Następnie rozpoczęła się publiczna dyskusja, podczas której Habilitant odnosił się do uwag postawionych w recenzjach i pytań zadanych bezpośrednio podczas kolokwium:

Dr hab. inż. Marek Mróz: Jak wyjaśnić wartość NIQE dla zdjęcia referencyjnego?

Odpowiedź: Dla przedstawionego przypadku zdjęcie referencyjne wykazywało wysoki szum natywny sensora, przez co wskaźnik NIQE (wskaźnik jakości ślepej) był wyższy. Wskaźnik ten ocenia stopień naturalności obrazu – obecność artefaktów szumu w obrazie oryginalnym (nieprzetworzonym) została zinterpretowana przez algorytm jako niższa jakość w porównaniu do obrazów poddanych filtracji i rekonstrukcji SR.

Dr hab. inż. Marek Mróz: Jak wyjaśnić czterokrotny wzrost liczby punktów w chmurze przy badaniach w publikacji A1?

Odpowiedź: Czterokrotny wzrost liczby punktów wynika z zastosowania algorytmów Super-Resolution o skali dwa, co zwiększyło liczbę pikseli w obrazach wejściowych dokładnie cztery razy (2x2). Ponieważ proces gęstego dopasowania Multi-View Stereo (MVS) dąży do wyznaczenia głębi dla każdego piksela, większa rozdzielczość obrazów źródłowych przełożyła się bezpośrednio na gęstszą chmurę punktów. Dodatkowo rekonstrukcja tekstury sub-pikselowej umożliwiła algorytmom MVS znalezienie poprawnych dopasowań w miejscach, które na obrazach oryginalnych były zbyt rozmyte lub cechowały się niskim kontrastem.

Dr hab. inż. Marek Mróz: Co jest ważniejsze natężenie oświetlenia czy jego spektrum?

Odpowiedź: Analiza wykazuje, że w fotogrametrii cyfrowej priorytetem jest charakterystyka spektralne źródła światła, o ile natężenie przekracza próg czułości sensora. Światło o wąskim spektrum drastycznie ogranicza kontrast teksturalny, czyniąc wiele obiektów jednolitymi plamami, co uniemożliwia ekstrakcję cech. Z kolei światło o szerokim spektrum, nawet przy niższym natężeniu, pozwala na zachowania bogactwa tekstury, co jest kluczowe dla stabilności aerotriangulacji. Można więc zatem postawić tezę, że jakość radiometryczna obrazu jest ważniejsza dla geometrycznej poprawności modelu niż sama jasność, która w pewnym zakresie może być kompensowana czułością ISO i czasem naświetlania.

Dr hab. inż. Marek Mróz: Czy mógłby Pan zdefiniować i skomentować, jakie znaczenie dla fotogrametrii cyfrowej mają struktura i tekstura obrazu.

Odpowiedź: Bez tekstury nie jesteśmy w stanie przejść przez poszczególne algorytmy dopasowania. Tekstura (mikrostruktura jasności pikseli) jest kluczowa dla korelacji obrazów. Struktura obrazu definiuje relacje przestrzenne obiektów, natomiast tekstura dostarcza sygnału (gradientów), który pozwala algorytmom typu SIFT czy AKAZE na jednoznaczny identyfikację punktów homologicznych.

Pytanie: **Dr hab. inż. Dorota Zawieska:** Dlaczego w badaniach w cyklu A nie został uwzględniony efekt „rolling shutter”?

Odpowiedź: W badaniach cyklu A nie stosowano zewnętrznych algorytmów korygujących, ponieważ efekt „rolling shutter” był kompensowany bezpośrednio w oprogramowaniu fotogrametrycznym poprzez aktywację dedykowanego modelu kamer. Algorytm ten matematycznie modeluje ruch platformy w trakcie sekwencyjnego sczytywania linii matrycy CMOS, co pozwala na skuteczną redukcję dystorsji geometrycznych już na etapie wyrównania wiązek.

Pytanie: **Dr hab. inż. Dorota Zawieska:** Czy błędne wyznaczenie wysokości Z w procesie aerotriangulacji w cytowanych artykułach nie jest to efekt błędnego procesu samokalibracji przeprowadzone w programie Agisoft.?

Odpowiedź: Moje badania jednoznacznie wykazały, że w trudnych warunkach radiometrycznych (takich jak pomiary nocne) proces samokalibracji staje się numerycznie niestabilny. Zjawisko to, objawiające się m.in. nienaturalną zmianą ogniskowej, wynika z silnej korelacji parametrów, która w procesie wyrównania uniemożliwia poprawne odseparowanie błędów wysokościowych od stałej kamery. Głównym wnioskiem aplikacyjnym mojej pracy jest zatem konieczność stosowania parametrów orientacji wewnętrznej (EOW) pochodzących z rzetelnej kalibracji wstępnej i ich blokowania w oprogramowaniu, co gwarantuje stabilność geometryczną modelu nawet przy niskiej jakości danych wejściowych.

Pytanie: **Dr hab. inż. Dorota Zawieska:** W badaniach uwzględniany był jeden program Agisoft. Czy nie należałoby uwzględnić innych programów, gdzie wykorzystywane są różne algorytmy automatycznego dopasowania obrazów tj. SGM czy Patch - Based MVS?

Odpowiedź: Wybór oprogramowania Agisoft Metashape był podyktowany chęcią izolacji głównej zmiennej badawczej, jaką był wpływ technik redukcji degradacji obrazu na jakość modelu, przy użyciu jednego, stabilnego i reprezentatywnego oprogramowania. Skupienie się na tym standardowym narzędziu pozwoliło rzetelnie ocenić, działanie algorytmów, bez wprowadzania niepewności wynikającej z różnic w algorytmach programów. Przyznaję jednak, że porównanie odporności różnych silników dopasowania na degradację obrazu stanowi cenny i obiecujący kierunek dla przyszłych badań.

Dr hab. inż. Dorota Zawieska: Na czym polega wartość dodana przeprowadzonych badań nad kadłubem okrętu i uzyskanych dokładności?

Odpowiedź: cyklu B chciałem przedstawić rozwój metod hybrydowych. Metoda fotogrametryczna była wsparciem wyników skaningu laserowego, pozwalając na uzupełnienie braków w geometrii modelu różnymi technikami pomiarowymi. Metody te uzupełniały się i stanowiły niskokosztową alternatywę dla standardów w branży.

Dr hab. inż. Grzegorz Józków: Proszę wykazać zasadność zastosowania kamery wielospektralnej na prototypowym BSP skonstruowanym do pomiarów nocnych.

Odpowiedź: Celem pracy było opracowanie mapy nocnego oświetlenia sztucznego, wraz z charakterystyką spektrum oświetlenia. Kamery wielospektralne pozwalają na analizę powierzchniową w dedykowanych kanałach spektralnych, co w nocy pozwala odróżnić emisję źródeł światła, co ma znaczenie w monitoringu zanieczyszczenia światłem (light pollution) i jego wpływu na ekosystemy.

Dr hab. inż. Grzegorz Józków: W jaki sposób pojedyncze zdjęcia (z eksperymentów z traserami) rektyfikowane były do postaci metrycznej?

Odpowiedź: Zdjęcia te były rektyfikowane w oparciu o transformację rzutową (homografię 2D). Wykorzystano punkty kontrolne (GCP) o znanych współrzędnych terenowych.

Dr hab. inż. Jacek Łubczonek: Jak Pan ocenia potencjał opracowywanych platform dla zastosowań fotogrametrycznych, m.in. w zakresie ustalania offsetów kamery oraz wpływu drgań gimbała na efekt rozmazania zdjęć?

Odpowiedź: Offsety są wprowadzane w komputerze lotu, albo bezpośrednio w oprogramowaniu do przetwarzania obrazów. Źródłem danych o orientacji otrzymywane są z BSP. Nie ma bezpośredniej informacji tego, co gimbal wykonał. Innym rozwiązaniem są gimbale, które bezpośrednio wskazują parametry orientacji. Niemal jestem pewny, że takie dane nie są dostępne dla użytkownika w komercyjnych BSP np. DJI.

Anna Fryskowska-Skibiniewska: Czy badał Pan zależność pomiędzy ostateczną dokładnością a rozdzielczością chmur punktów? Czy otrzymane wyniki dla prac z przedstawionego osiągnięcia B są przypadkami indywidualnymi, czy to standardowe wartości dla danych technik.

Odpowiedź: Dokładność ostateczna była skorelowana z dokładnością opracowania fotogrametrycznego. W pracach nie przeprowadzałem szczegółowych badań statystycznych tej zależności, gdyż w przypadku wskazanych badań założono, że produkt końcowy ma spełniać konkretne wymagania geodezyjne.

Prof. dr hab. inż. Adam Stolarski: Ile zdjęć, nalotów było wykonanych w pracy dotyczącej pomiaru struktury kratownicowej? Co Pan mierzył i co Pana interesowało w tej strukturze? Czy ma Pana świadomość, że tego typu konstrukcje mogą doznawać deformacji różnego typu w zależności o warunków atmosferycznych? Czy metody fotogrametryczne umożliwiają wykrycie tego typu deformacji?

Odpowiedź: Celem było opracowanie modelu przestrzennego z dokładnością 1 cm. Ja bezpośrednio nie zajmowałem się oceną geometrii mierzonej struktury. Deformacje atmosferyczne można mierzyć z wykorzystaniem metod fotogrametrycznych. Należy wykonać wtedy pomiary w dwóch epokach. Ważne jest też, by posiadać warunki referencyjne.

Habilitant przedstawił też wyniki dodatkowego eksperymentu, który przeprowadził po zapoznaniu się z recenzjami. Eksperyment dowiódł poprawę dokładności przy zastosowaniu zaproponowanych przez niego algorytmów przy obrazach o początkowym dużym zaszumieniu.

Dr hab. inż. Damian Wierzbicki zapytał o przedstawione parametry z dodatkowego eksperymentu dokładności. Habilitant wskazał, że parametry te odnoszą się do sytuacji po wyrównaniu, ale parametry odbiornika nawigacyjnego nie były wysokie. Stąd taka dokładność. Prof. Kędzierski zwrócił uwagę na ograniczenia Agisoft przy aerotriangulacji, co może wpływać na parametry oceniane podczas prowadzonych badań przez Habilitanta. Dr inż. Paweł Burdziakowski miał świadomość ograniczeń związanych z ukrywaniem pewnych parametrów aerotriangulacji. Dr hab. inż. Dorota Zawieska podkreśliła, że wykorzystane przez Habilitanta narzędzie nie jest najlepszym narzędziem fotogrametrycznym. Prof. Hejmanowska zwróciła uwagę, że problem jest stosowanie zamkniętych narzędzi, które nie umożliwiają na pełną kontrolę wykonywalnych procesów. Rozwiązaniem jest tworzenie własnych narzędzi, w których użytkownik ma pełną swobodę pracy.

Po wyczerpaniu tematów część otwarta posiedzenia została zakończona.

(-) dr hab. inż. Andrzej Araszkiewicz, prof. WAT

(-) prof. dr hab. inż. Beata Hejmanowska

Sekretarz

Przewodnicząca Komisji