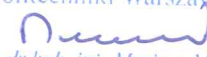


Wrocław, 22.12.2024 r.

dr hab. inż. Grzegorz Józków, prof. uczelni
Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu
Wydział Inżynierii Kształtowania Środowiska i Geodezji
Instytut Geodezji i Geoinformatyki

RECENZJA


PROREKTOR
Politechniki Warszawskiej

prof. dr hab. inż. Mariusz Malinowski

osiągnięć naukowych i aktywności naukowej

dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza

2025 -01- 2 3

w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

1. Podstawa opracowania recenzji

Podstawą prawną do sporządzenia recenzji jest ustawa z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742) oraz pismo Przewodniczącego Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej, prof. dr. hab. inż. Konrada Lewczuka (pismo nr WTBW.524.HAB.131.2024 z dnia 22.10.2024 r.). Recenzję sporządzono w oparciu o dołączoną elektroniczną dokumentację sporządzoną przez Habilitanta zawierającą w szczególności:

- Wniosek Habilitanta (plik *Wniosek przewodni.pdf*).
- Dane wnioskodawcy (plik *Załącznik_nr_1_Dane wnioskodawcy.pdf*).
- Autoreferat przedstawiający opis dorobku oraz osiągnięć naukowych (plik *Załącznik_nr_2_Autoreferat.pdf*), dokument oznaczony na pierwszej stronie jako Załącznik 3.
- Wykaz osiągnięć naukowych stanowiących znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport (plik *Załącznik_nr_3_Wykaz osiagniec naukowych.pdf*), dokument oznaczony na pierwszej stronie jako Załącznik 4.
- Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora (plik *Załącznik_nr_4_Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.pdf*), dokument oznaczony na pierwszej stronie jako Załącznik 5.
- Oświadczenia współautorów publikacji z cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe (folder *Załącznik_nr_5_Oświadczenia współautorów* zawierający 8 plików pdf).
- Potwierdzenia i certyfikaty wyjazdów zagranicznych (plik *Załącznik_nr_6_Potwierdzenia i certyfikaty.pdf*).
- Kopie publikacji z cyklu stanowiącego osiągnięcie naukowe oraz raport końcowy z projektu stanowiącego oryginalne osiągnięcie projektowe (folder *Załącznik_nr_7_Kopie publikacji i raport z zrealizowanego oryginalnego osiągnięcia a projektowego* zawierający 9 plików pdf).



Zgodnie z art. 221 ust. 8 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), recenzenci oceniają, czy osiągnięcia naukowe osoby ubiegającej się o stopień doktora habilitowanego odpowiadają wymaganiom określonym w art. 219 ust. 1 pkt 2 tej ustawy, tzn. czy osoba ubiegająca się o nadanie stopnia doktora habilitowanego posiada w dorobku osiągnięcia naukowe albo artystyczne, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny, w tym co najmniej:

- a) 1 monografię naukową wydaną przez wydawnictwo, które w roku opublikowania monografii w ostatecznej formie było ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. a, lub
- b) 1 cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych opublikowanych w czasopismach naukowych lub w recenzowanych materiałach z konferencji międzynarodowych, które w roku opublikowania artykułu w ostatecznej formie były ujęte w wykazie sporządzonym zgodnie z przepisami wydanymi na podstawie art. 267 ust. 2 pkt 2 lit. b, lub
- c) 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe, konstrukcyjne, technologiczne lub artystyczne.

2. Charakterystyka Kandydata

Pan Jakub Stefan Markiewicz studia inżynierskie ukończył w 2010 r., a studia magisterskie w 2012 r. Oba stopnie studiów ukończył na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Stopień naukowy doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia uzyskał 19 kwietnia 2018 r. Stopień ten został mu nadany uchwałą Rady Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Od 2012 r. Kandydat zatrudniany jest w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, początkowo na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego, a od 2018 r. na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego.

Zainteresowania naukowe Habilitanta skupiają się głównie na automatycznej orientacji danych fotogrametrycznych, w szczególności zdjęć oraz chmur punktów (zarówno naziemnego skaningu laserowego – TLS oraz gęstych chmur punktów powstałych w wyniku fotogrametrycznego przetwarzania zdjęć), a także na wykorzystaniu tych danych w celu dokumentacji obiektów dziedzictwa kulturowego.

We wniosku Kandydata nie ma informacji by ubiegał się on uprzednio o nadanie mu stopnia doktora habilitowanego.

3. Ocena osiągnięć naukowych wskazanych przez Habilitanta

Jako osiągnięcia naukowe w rozumieniu art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), będące podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego, Kandydat w swoim wniosku wskazał:

- I. Cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych pt. **Metodyka georeferencji danych z aktywnych i pasywnych sensorów pomiarowych przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody Structure-from-Motion.**
- II. Zrealizowane jedno oryginalne osiągnięcie projektowe pt. **Technologia integracji wielosensorowych danych geoprzestrzennych wykorzystywanych do generowania wysokorozdzielczej dokumentacji architektonicznej.**

W cyklu publikacji Habilitant wskazał 8 artykułów naukowych posiadających IF i znajdujących się na liście MNiSW czasopism punktowanych. Wskazane artykuły to:

- [1]. **Markiewicz Jakub**, Pilarska M., Łapiński S., Kaliszewska A., Bieńkowski R., Cena A.: *Quality assessment of the use of a medium format camera in the investigation of wall paintings: an image-based approach*, w: Measurement, Elsevier, vol. 132, 2019, pp. 224-237, DOI:10.1016/j.measurement.2018.07.001.
- [2]. Zawieska D., **Markiewicz Jakub**, Kopiasz J.: *Development of true orthophotomaps of the fortified settlement at Biskupin, Site 4, based on archival data*, w: Archaeological Prospection, vol. 26 (2), 2019, pp. 1-28, DOI:10.1002/arp.1748.
- [3]. **Markiewicz Jakub**, Abratkiewicz K., Gromek A., Ostrowski W., Sameczyński P., Gromek D.: *Geometrical Matching of SAR and Optical Images Utilizing ASIFT Features for SAR-based Navigation Aided Systems*, w: Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, vol. 19, no. 24, 2019, pp. 1-33, DOI:10.3390/s19245500.
- [4]. **Markiewicz Jakub**, Zawieska D.: *The Influence of the Cartographic Transformation of TLS Data on the Quality of the Automatic Registration*, w: Applied Sciences-Basel, MDPI, no. 9(3), 509, 2019, pp. 1-28, DOI:10.3390/app9030509.
- [5]. **Markiewicz Jakub**, Zawieska D.: *Analysis of the Selection Impact of 2D Detectors on the Accuracy of Image-Based TLS Data Registration of Objects of Cultural Heritage and Interiors of Public Utilities*, w: Sensors, Multidisciplinary Digital Publishing Institute, vol. 20, no. 11, 2020, pp. 1-33, DOI:10.3390/s20113277.
- [6]. **Markiewicz Jakub**: *Evaluation of 2D affine – hand-crafted detectors for feature-based TLS point cloud registration*, w: Reports on Geodesy and Geoinformatics, vol. 117, 2024, pp. 69-88. <https://doi.org/10.2478/rgg-2014-0008>.
- [7]. **Markiewicz Jakub**, Kot P., Markiewicz Ł., Muradov M.: *The evaluation of hand-crafted and learned-based features in Terrestrial Laser Scanning-Structure-from-Motion (TLS-SfM) indoor point cloud registration: the case study of cultural heritage objects and public interiors*, w: Heritage Science, vol. 11, 254 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01099-9>.
- [8]. Muradov M., Kot P., **Markiewicz Jakub**, Łapiński S., Tobiasz A., Onisk K., Shaw A., Hashim K., Zawieska D., Mohi-Ud-Din G.: *Non-destructive system for in-wall moisture assessment of cultural heritage buildings*, w: Measurement, Elsevier, vol. 203, 2022, pp. 1-29, DOI:10.1016/j.measurement.2022.111930.

Przedstawiony cykl publikacji w zakresie osiągnięcia naukowego wskazanego przez Habilitanta dotyczy modyfikacji klasycznej metody SfM wykorzystywanej do orientacji zdjęć. Jako najważniejsze oryginalne osiągnięcie naukowe Kandydat wskazuje „ (...) **propozycję modyfikacji poszczególnych etapów metody SfM (dalej nazywanej jako TLS-SfM) w automatycznej orientacji wielosensorowych i wieloczasowych danych przestrzennych pozyskanych z pasywnych oraz aktywnych (nie obrazowych) systemów pomiarowych.**”. Habilitant definiuje 5 celów szczegółowych badań:

1. Analiza doboru parametrów orientacji wysokorozdzielczych danych rastrowych pod kątem optymalnej ich orientacji metodą SfM.
2. Modyfikacja sposobu dopasowania zdjęć archiwalnych pozyskiwanych z różnych wysokości przy wykorzystaniu sensora o nieznanych parametrach.
3. Modyfikacja etapu opisu i dopasowania punktów kluczowych w orientacji zdjęć lotniczych i danych pochodzących z lotniczego SAR (Synthetic Aperture Radar, sensora aktywnego).
4. Badanie możliwości modyfikacji metody SfM pod kątem orientacji samych danych TLS i chmur punktów wygenerowanych ze zdjęć naziemnych oraz danych TLS .
5. Praktyczne wykorzystanie metody TLS-SfM w orientacji wieloczasowych danych przestrzennych.

Cykl publikacji i osiągnięcie projektowe stanowią wyniki realizacji celów szczegółowych.

Artykuł [1] prezentuje wyniki realizacji pierwszego z postawionych celów, tzn. doboru parametrów orientacji wysokorozdzielczych danych rastrowych pod kątem optymalnej ich orientacji metodą SfM. Opisane w publikacji badania dotyczą dokładności orientacji zdjęć cyfrowych o rozdzielczości 100 Mpix wykonanych dla malowideł ściennych w zależności m.in. od wybranego algorytmu detekcji i opisu punktów charakterystycznych, zastosowanego poziomu piramidy obrazu oraz sposobu pomiaru osnowy fotogrametrycznej. We wnioskach Habilitant wskazuje jaki poziom piramidy obrazu pozwala zachować wystarczającą dokładność orientacji z jednoczesnym skróceniem czasu obliczeń, a także wskazuje, że geodezyjny sposób pomiaru osnowy fotogrametrycznej dla zdjęć pozyskanych wysokorozdzielczym sensorem może pododawać większe niedokładności orientacji.

Opisany wyżej artykuł opublikowany został w czasopiśmie mającym 200 punktów wg listy MNiSW, a Habilitant jest jego pierwszym i korespondencyjnym autorem. Wg deklaracji jego wkład to m.in.: autorstwo hipotezy badawczej i metodyki przetwarzania danych, a także ich przetwarzanie i analiza. Swój wkład oszacował na 25%. W dołączonych do wniosku deklaracjach brakuje jednak oświadczeń współautorów znajdujących się na drugiej i ostatniej pozycji.

Artykuł [2] prezentuje wyniki fotogrametrycznego opracowania zdjęć analogowych w celu utworzenia prawdziwej ortofotomapy dla stanowiska archeologicznego w Biskupinie. Prace Habilitanta dotyczyły orientacji tych zdjęć z wykorzystaniem zmodyfikowanej metody SfM. Kandydat postanowił wykonać orientację grup zdjęć w blokach wykonanych z podobnej wysokości charakteryzujących się podobną skalą. Detekcja punktów charakterystycznych została poprzedzona maskowaniem zdjęć w celu usunięcia elementów nie stanowiących ich

treści. Ponieważ automatyczna orientacja zdjęć zakończyła się niepowodzeniem, Habilitant wykonał manualny pomiar dodatkowych punktów Grubera co pozwoliło na wykonanie poprawnej orientacji. Ze względu na brak osnów geodezyjnej i fotogrametrycznej podczas wykonywania zdjęć, została ona utworzona przez Habilitanta w oparciu o wykonane podczas prac archeologicznych rysunki w skalach 1:10 i 1:20. Opisane modyfikacje metody SfM dotyczące w szczególności wykorzystania punktów Grubera pozwalają stwierdzić, że szczegółowy cel nr 2 został osiągnięty. Wnioski z wykonanych prac dotyczących metody SfM pozwoliły stwierdzić, że ze względu na charakterystykę zdjęć archiwalnych (nieznane parametry sensorów, różna intensywność, brak zachowanych zasad wykonywania zdjęć do celów fotogrametrycznych), automatyczna orientacja może być błędna, dlatego należy zastosować podejście nadzorowane.

Artykuł [2] opublikowany został w czasopiśmie mającym 140 punktów wg listy MNiSW, nie przypisanym jednak do dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Natomiast ustawa nie nakłada takiego wymogu, a wykorzystane metody pozwalają stwierdzić, że wykonane przez Kandydata badania mieszczą się w tej dyscyplinie. Habilitant jest drugim autorem, a swój wkład autorski określił jako: „twórca metodyki i koncepcji badań, przygotowanie i implementacja rozszerzonej metodyki SfM do orientacji archiwalnych zdjęć różnoskalowych oraz przygotowanie artykułu”, a także oszacował swój udział na 60%. W kontekście deklaracji pozostałych współautorów, opisany przez Habilitanta wkład autorski wydaje się co najmniej zbyt ogólnie opisany – pozostali współautorzy również zadeklarowali przygotowanie konkretnych części artykułu. Wkład Habilitanta określony jako „Przygotowanie i implementację rozszerzonej metodyki SfM do orientacji archiwalnych zdjęć różnoskalowych” należy jednak uznać za jego indywidualny wkład wpisujący się tematykę przedstawionego cyklu. Nieco zastanawiający jest zadeklarowany przez Kandydata udział procentowy. Skoro Habilitant ma większościowy udział, to dlaczego nie jest pierwszym autorem? Ani artykuł, ani deklaracje współautorów tego nie wyjaśniają (w oświadczeniach nie ma udziałów procentowych), a kolejność autorów nie jest też zgodna z kolejnością alfabetyczną ich nazwisk.

W kolejnym artykule [3], Habilitant podjął badania dotyczące orientacji lotniczych zobrażeń radarowych (sensor aktywny) pozyskanych z wykorzystaniem anteny o syntetycznej aperturze (SAR). Orientację obrazów radarowych wykonywano w odniesieniu do referencyjnej ortofotomapy. Modyfikacja standardowego podejścia SfM polegała na wykorzystaniu afinicznego detektora punktów charakterystycznych ASIFT zarówno na obrazach radarowych jak i ortofotomapie, gdzie ich detekcja wykonana została na 3 poziomach piramidy obrazu, a także na zastąpieniu klasycznego podejścia dopasowania tych punktów w oparciu o ich deskryptory zmodyfikowaną (dwuwymiarową) wersją algorytmu ICP. Zaproponowane rozwiązania pozwalają stwierdzić, że cel szczegółowy nr 3 został osiągnięty. We wnioskach Habilitant podkreśla, że zaproponowana metoda może być wykorzystana w przypadku braku sygnału GNSS, ponieważ jest on kluczowym czynnikiem pozwalającym na georeferencję lotniczych zobrażeń SAR standardowymi metodami.

Omawiany artykuł opublikowany został w szeroko znanym czasopiśmie mającym 100 punktów wg listy MNiSW. Habilitant jest pierwszym autorem, a swój wkład oszacował na 30% i poległ on m.in. na: opracowaniu metodyki orientacji ortofotomap z danymi SAR,

wyszukiwaniu punktów wiążących oraz ich dopasowaniu zmienioną metodą ICP, przygotowaniu i implementacji algorytmów dopasowania obrazów, analizie dokładności orientacji wieloźródłowych danych.

Kolejne artykuły [4-7] stanowią w mojej ocenie zasadniczą część osiągnięcia odnoszącą się do autorskiej metody TLS-SfM pozwalającej na automatyczną orientację chmur punktów TLS. Przeprowadzone i opisane w tych artykułach badania dotyczą kilku głównych aspektów takich jak: wpływ wykorzystanej metody tworzenia obrazów z chmur punktów TLS w zależności od lokalizacji stanowisk skanera [4], wpływ doboru detektora punktów charakterystycznych [5], w tym zastosowania afinicznych wersji detektorów [6] oraz algorytmów uczenia maszynowego do detekcji punktów wiążących [7]. Do oceny wpływu poszczególnych parametrów na skuteczność metody TLS-SfM Kandydat wykorzystał kilka metryk takich jak: czas wyszukiwania punktów wiążących, liczba i lokalizacja punktów wiążących, procentowa liczba poprawnie wykrytych punktów wiążących, kompletność procesu orientacji chmur punktów, niezawodność sieci geodezyjnej, dokładność orientacji chmur punktów mierzona na punktach kontrolnych, „odległość liniowa pomiędzy parami chmur punktów”. Badania wykonano na kilku różnych polach testowych obejmujących chmury punktów TLS pozyskane dla wnętrza budynków jak i na zewnątrz. We wnioskach Habilitant podaje szczegółowy zakres stosowania poszczególnych parametrów w celu uzyskania jak najlepszej wydajności metody TLS-SfM wraz z jej ograniczeniami. W mojej ocenie artykuły te prezentują usystematyzowane podejście Habilitanta do badań nad autorską metodą TLS-SfM i pokazują jej rozwój oraz udoskonalanie. Szczegółowy cel nr 4 w zakresie orientacji chmur punktów TLS został osiągnięty.

Artykuły [4] i [5] opublikowane zostały w czasopismach mających 100 punktów wg listy MNiSW, a Habilitant jest w nich pierwszym i korespondencyjnym autorem. Jego wkład autorski w obu publikacjach to m.in.: przygotowanie metodyki i koncepcji badań, implementacja algorytmów, przeprowadzenie badań. Swoją wkład w obu publikacjach oszacował na 80%. Artykuł [6] został opublikowany w jednym z najbardziej znanych w kraju polskich czasopism naukowych dotyczących geodezji (Reports on Geodesy and Geoinformatics). Artykuł ten posiada 100 punktów na liście MNiSW i jest indywidualną publikacją Habilitanta. Kolejny artykuł [7] opublikowany został w czasopiśmie posiadającym 140 punktów na liście MNiSW, a Habilitant jest pierwszym autorem. Swoją udział oszacował na 50%, a wkład określił m.in. jako: „twórca metodyki i koncepcji badań dotyczących metody TLS-SfM, przygotowanie aplikacji i implementacja algorytmów, końcowe przetwarzanie danych i orientacja chmur punktów”. W oświadczeniach dwóch innych autorów można natomiast odnaleźć informację, że implementacja niektórych algorytmów była ich wkładem.

Artykuł [8] prezentuje wyniki praktycznego zastosowania metody TLS-SfM w integracji chmur punktów powstałych ze zdjęć i pozyskanych naziemnym skanerem laserowym z danymi pozyskanymi sensorem elektromagnetycznym. Głównym założeniem projektu opisywanym w tej publikacji było wykorzystanie sensora elektromagnetycznego w analizie wilgotności wewnątrz ścian. Natomiast zastosowana metoda TLS-SfM pozwoliła na zorientowanie gęstych chmur punktów (utworzonych ze zdjęć) z chmurą punktów TLS (osiągnięta została druga część celu szczegółowego nr 4), a następnie wykorzystana została do wyznaczenia dokładnej pozycji sensora elektromagnetycznego.

Ostatni z umieszczonych w cyklu artykułów opublikowany został w tym samym czasopiśmie co artykuł [1] i posiada 200 punktów na liście MNiSW. Habilitant jest tu trzecim autorem, a swój wkład oszacował na 25% i określił go m.in. jako: „twórca metodyki orientacji systemu elektromagnetycznego z danymi fotogrametrycznymi metodą TLS-SfM, pomysłodawca metodyki badań w zakresie wykorzystania metody TLS-SfM w integracji chmur punktów ze zdjęć naziemnych z chmurami punktów TLS, wykonanie i opracowanie wyników z przetwarzania danych TLS i zdjęć naziemnych, analiza dokładności orientacji chmur punktów”. W oświadczeniach nie ma deklaracji autorów znajdujących się na 6, 7, 8 i 11 miejscu.

Przedstawione do oceny osiągnięcie w postaci cyklu publikacji przedstawia kilka różnych aspektów wykorzystania algorytmów widzenia maszynowego do detekcji i deskrypcji punktów charakterystycznych obrazów powstałych z różnych danych w celu ich orientacji oraz georeferencji. Większa część cyklu (5 publikacji) dotyczy rozwoju autorskiej metody orientacji chmur punktów, nazwanej przez Habilitanta jako TLS-SfM. Natomiast pierwsze 3 artykuły pokazują zastosowania wspomnianych wyżej algorytmów do orientacji danych innego typu, co w mojej ocenie łączy się tematycznie i pokazuje rozwój naukowy Habilitanta. Cykl publikacji dowodzi, że pierwsze 4 szczegółowe cele naukowe zostały osiągnięte.

Pewne zastrzeżenia można mieć co do zakresu wskazanego przez Habilitanta najważniejszego osiągnięcia naukowego polegającego na modyfikacji poszczególnych etapów metody SfM. We wcześniejszej części autoreferatu Kandydat wymienia i krótko charakteryzuje 7 etapów tej metody, natomiast dalszy opis wyników prac nie odnosi się do tych etapów i nie wiadomo czy lub w jaki sposób te etapy zostały zmodyfikowane. Drobne niejasności pojawiają się także w kwestii zakresu wkładu autorskiego Habilitanta w powstanie kilku publikacji, natomiast niezależnie od zadeklarowanego wkładu procentowego w powstanie poszczególnych publikacji, gdzie niektóre z nich dotyczyły również innych aspektów (np. artykuł [8] z szacowanym wkładem Kandydata na poziomie 25%) uważam, że w zakresie opracowania zagadnienia dotyczącego modyfikacji metody SfM i rozwoju TLS-SfM wkład Habilitanta był dominujący i w mojej ocenie jest indywidualnym wkładem dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza we wskazanym osiągnięciu naukowym. Spełnione jest zatem wymaganie określone w art. 219 ust. 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742). Przedstawione osiągnięcie w postaci cyklu powiązanych tematycznie artykułów naukowych oceniam pozytywnie i w mojej opinii stanowi ono znaczny wkład dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Jako drugie osiągnięcie naukowe Habilitant wskazał oryginalne osiągnięcie projektowe w postaci zrealizowanego projektu przedwdrożeniowego „Inkubator innowacyjności 4.0”: *Technologia integracji wielosensorowych danych geoprzestrzennych wykorzystywanych do generowania wysokorozdzielczej dokumentacji architektonicznej*. Jak podaje Habilitant, było to pierwsze praktyczne zastosowanie metody TLS-SfM oraz rozwiązań bazujących na algorytmach *hand-crafted* i *learned-based*. Metoda TLS-SfM wykorzystana została do automatycznej orientacji wielosensorowych oraz wieloczasowych danych w postaci chmur punktów pozyskanych w trakcie realizacji prac archeologicznych na Zamku Królewskim w Warszawie. W szczególności dane pozyskane zostały przed oraz po wykonaniu wykupu

archeologicznego na zewnątrz zamku. Wykorzystane dane to chmury punktów TLS, a także chmury punktów powstałe w wyniku przetwarzania cyfrowych zdjęć naziemnych i zdjęć pozyskanych z wykorzystaniem bezzałogowego statku powietrznego. W celu automatycznej orientacji chmur punktów Habilitant wykorzystał wcześniejsze doświadczenia i zastosował algorytm SIFT do detekcji punktów charakterystycznych oraz przetestował 6 deskryptorów do opisu ich cech. W wyniku przeprowadzonych prac wskazano, które z testowanych podejść i algorytmów pozwalają na automatyczną orientację chmur punktów pochodzących z jednego sensora z największą dokładnością, a które należy stosować w przypadku chmur punktów, których źródłem są różne typy sensorów. Ponadto, Habilitant wskazał również procedurę przeprowadzenia takiej orientacji w zależności od założeń początkowych (np. liczby punktów wiążących, dokładności orientacji). Przeprowadzone prace projektowe potwierdzają możliwość zastosowania metody TLS-SfM w praktyce (osiągnięty cel szczegółowy nr 5) jako metody alternatywnej lub wspomagającej typowo używane metody orientacji chmur punktów, tj. *target-based* i *surface-based* (np. ICP).

Z przedstawionej dokumentacji potwierdzającej zrealizowany projekt (raport końcowy) wynika, że był on realizowany przez dwóch wykonawców, w tym Habilitanta. Dokumentacja wniosku nie określa jasno, które z elementów oryginalnego osiągnięcia projektowego są wkładem indywidualnym Kandydata, jednak stwierdzenie, że Habilitant był „pomysłodawcą, kierownikiem i głównym wykonawcą” projektu pozwala recenzentowi stwierdzić, że Kandydat odgrywał wiodącą rolę w tym osiągnięciu. Przedstawione osiągnięcie projektowe oceniam zatem pozytywnie i w mojej opinii stanowi ono znaczny wkład dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

Podsumowując, przedstawione do oceny osiągnięcia naukowe Kandydata cechują się dużą spójnością tematyczną i dotyczą wykorzystania algorytmów detekcji punktów charakterystycznych na obrazach i tworzenia ich deskryptorów (algorytmy wykorzystywane w metodzie SfM) w celu orientacji danych pochodzących z pasywnych (np. zdjęcia) oraz aktywnych (np. chmury punktów TLS – dane 3D, obrazy radarowe) sensorów. Należy również zaznaczyć, że prowadzone przez Habilitanta badania w tym zakresie są kontynuacją jego pracy doktorskiej, a publikacje nie ograniczają się do przedstawionego cyklu. Na szczególną uwagę zasługuje autorski wkład Kandydata w stworzenie metody TLS-SfM mającej praktyczne zastosowanie. Stwierdzam, że wskazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport, spełniają one zatem warunki określone w art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742).

4. Informacja o spełnieniu przez Habilitanta kryterium dotyczącego wykazania się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej instytucji naukowej

Od początku swojej pracy zawodowej Kandydat swoją działalność naukową realizuje w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej. Realizowane w tym zakładzie badania, projekty oraz publikacje naukowe Habilitanta afiliowane do Politechniki Warszawskiej

potwierdzają w mojej opinii, że dr inż. Jakub Stefan Markiewicz wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w tym ośrodku.

W autoreferacie Kandydat wymienia 6 staży naukowych oraz naukowo-dydaktycznych, które odbył łącznie w 3 zagranicznych jednostkach naukowych. Trzy z nich (jeden czterodniowy oraz dwa miesięczne) Habilitant odbył na Liverpool John Moores University. Pozostałe 3 wizyty (dwie na Uniwersytecie w Bambergu i jedna na Politechnice w Mediolanie) miały charakter tygodniowych wizyt studyjnych. Pierwszej wizyty na Liverpool John Moores University oraz 3 wizyt studyjnych w mojej opinii nie można uznać jako istotnej aktywności naukowej realizowanej w zagranicznej instytucji naukowej. Prowadzenie rozmów o nawiązaniu współpracy pomiędzy jednostką macierzystą a jednostką zagraniczną (np. w trakcie pierwszej wizyty na Liverpool John Moores University), uczestnictwo w wykładach, seminariach czy wygłoszenie prezentacji o działalności naukowej jednostki macierzystej i badaniach Habilitanta (jedne z aktywności podczas wizyt studyjnych) nie mają znamion istotnych aktywności naukowych realizowanych w jednostkach zagranicznych podobnie jak to ma miejsce w przypadku referatów na konferencjach zagranicznych. Z treści załącznika nr 6 dokumentacji habilitacyjnej (Potwierdzenia i certyfikaty) dotyczącej dwóch miesięcznych staży realizowanych na Liverpool John Moores University wynika jasno, że Habilitant realizował podczas nich prace naukowe, np. opracowanie koncepcji metody integracji danych wielosensorowych, opracowanie koncepcji metody przetwarzania danych wielosensorowych i wieloczasowych, przetwarzanie tych danych. W mojej opinii prace te (realizowane na Liverpool John Moores University w trakcie tych dwóch staży) mają charakter istotnej aktywności naukowej.

Na podstawie dostarczonej dokumentacji mogę stwierdzić, Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej. Główną aktywność naukową prowadzi na Politechnice Warszawskiej, gdzie jest zatrudniony od 2012 r., a dodatkową aktywność naukową w jednostce zagranicznej realizował w trakcie dwóch miesięcznych staży (w 2019 i 2020 r.) na Liverpool John Moores University. W związku z powyższym uważam, że dr inż. Jakub Stefan Markiewicz spełnia wymagania zawarte w art. 219 ust. 1 pkt 3 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742).

5. Informacje o pozostałym (poza wskazanymi osiągnięciami) dorobku naukowym, dydaktycznym, organizacyjnym i popularyzatorskim Kandydata

Zgodnie z przepisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce obowiązującymi na dzień wszczęcia postępowania habilitacyjnego, pozostały dorobek naukowy (poza wskazanymi osiągnięciami), dorobek dydaktyczny, organizacyjny i popularyzujący naukę nie podlega ocenie. W związku z powyższym, poniżej przedstawiono syntetyczne informacje o tym dorobku, z krótką charakterystyką i opinią recenzenta.

Na dorobek publikacyjny Habilitanta składają się:

- współautorstwo 24 rozdziałów w monografiach naukowych (w tym 7 po uzyskaniu stopnia doktora); w ponad połowie pozycji Habilitant jest pierwszym autorem; w większości rozdziały te są artykułami pokonferencyjnymi,
- autorstwo lub współautorstwo 32 publikacji naukowych (w tym 22 po uzyskaniu stopnia doktora, z których 8 zalicza się do przedstawionego cyklu powiązanych tematycznie publikacji); w ponad połowie publikacji Habilitant jest pierwszym lub jedynym autorem,
- autorstwo lub współautorstwo 23 artykułów opublikowanych w materiałach konferencyjnych (w tym 12 po uzyskaniu stopnia doktora); w ponad połowie artykułów Habilitant jest pierwszym lub jedynym autorem.

Dominująca większość publikacji dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza jest w języku angielskim. Najważniejsze czasopisma, w których publikował Habilitant to Measurements (2 publikacje), Sensors (3 publikacje), Reports on Geodesy and Geoinformatics (3 publikacje), Journal of Modern Technologies for Cultural Heritage Preservation (4 publikacje), Heritage Science (2 publikacje), The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (niemal wszystkie materiały konferencyjne z konferencji organizowanych przez ISPRS – międzynarodowe towarzystwo fotogrametrii i teledetekcji).

Dane naukometryczne publikacji Habilitanta wg informacji zawartych we wniosku to:

- sumaryczna liczba punktów wg listy MNiSW to 2117, z czego 492 punkty uzyskane zostały przed 2019 r. (427 przed uzyskaniem stopnia doktora i 65 po uzyskaniu stopnia doktora),
- sumaryczny IF to 34,714 (w tym 17,540 dla publikacji znajdujących się w przedstawionym cyklu),
- liczba publikacji indeksowanych w bazach Web of Science i Scopus to odpowiednio 38 i 54,
- liczba cytowań wg baz Web of Science i Scopus to odpowiednio 211 i 328.
- liczba cytowań bez autocytowań wg baz Web of Science i Scopus to odpowiednio 160 i 220,
- indeks Hirscha wg baz Web of Science i Scopus to odpowiednio 8 i 11.

Do innego dorobku naukowego Habilitanta można zaliczyć m.in.:

- autorstwo lub współautorstwo 46 (w tym 21 po uzyskaniu stopnia doktora) wystąpień (referaty, postery) na konferencjach krajowych;
- autorstwo lub współautorstwo 10 (w tym 5 po uzyskaniu stopnia doktora) wystąpień (referaty, postery) na konferencjach międzynarodowych odbywających się w Polsce;
- autorstwo lub współautorstwo 47 (w tym 20 po uzyskaniu stopnia doktora) wystąpień (referaty, postery) na konferencjach zagranicznych;
- uczestnictwo w 16 projektach badawczych (w tym 10 po uzyskaniu stopnia doktora); jeden z tych projektów był projektem zagranicznym; w 5 projektach (w tym 3 po uzyskaniu stopnia doktora) Habilitant pełnił rolę kierownika projektu,

- wykonanie 67 recenzji artykułów naukowych lub konferencyjnych (wszystkie po uzyskaniu stopnia doktora); zdecydowana większość recenzji dotyczyła artykułów zgłoszonych do czasopism posiadających IF (49 recenzji) i punkty MNiSW (65 recenzji),
- 6 nagród lub wyróżnień za osiągnięcia naukowe (w tym 2 nagrody międzynarodowe).

Kandydat aktywnie współpracował lub współpracuje naukowo z 4 krajowymi ośrodkami kultury i 2 podmiotami komercyjnymi, a także z 4 naukowymi ośrodkami zagranicznymi. Dr inż. Jakub Stefan Markiewicz był również odpowiedzialny za przygotowanie koncepcji i stworzenie tzw. Laboratorium kalibracji skanerów laserowych i kamer cyfrowych, wchodzącego w skład CENAGIS.

W dorobku Habilitanta popularyzującym naukę, organizacyjnym i dydaktycznym można wyróżnić m. in.:

- wygłoszenie 22 (w tym 12 po uzyskaniu stopnia doktora) referentów i wykładów popularyzujących naukę,
- członkostwo komitetu naukowego i/lub redakcyjnego w 3 czasopismach naukowych,
- prace w komitetach organizacyjnych lub naukowych 7 konferencji (w tym 2 przed uzyskaniem stopnia doktora),
- członkostwo w 5 towarzystwach (w tym 4 naukowych); 3 z tych towarzystw są towarzystwami międzynarodowymi; w 4 towarzystwach jest nadal członkiem,
- pełnienie roli promotora pomocniczego w 2 przewodach doktorskich,
- promotorstwo 11 prac magisterskich i inżynierskich.

Ponadto Kandydat prowadził i prowadzi wykłady i ćwiczenia z wielu przedmiotów związanych z szeroko pojętą fotogrametrią, na I, II i III stopniu studiów, w tym również w języku angielskim. Uczestniczył w pracach zespołów dydaktycznych odpowiedzialnych za przygotowanie i modernizację materiałów dydaktycznych i programów przedmiotów. Udzielał się także jako nauczyciel w 3 szkołach letnich.

Podsumowując przedstawione wyżej osiągnięcia, w mojej opinii dr inż. Jakub Stefan Markiewicz jest aktywnym naukowcem publikującym wyniki swoich prac realizowanych w ramach projektów badawczych w renomowanych czasopismach, a także przedstawia je na wielu konferencjach. Należy podkreślić, że w większości z opublikowanych artykułów jest pierwszym autorem co moim zdaniem dowodzi jego wiodącej roli w powstaniu tych prac. Ponadto należy również zaznaczyć, że przedstawiony wyżej dorobek Habilitant uzyskał w ciągu około 12 lat (pierwsza publikacja pochodzi z 2012 r., w którym ukończył studia magisterskie i rozpoczął pracę zawodową na Politechnice Warszawskiej), co świadczy o bardzo dużej aktywności naukowej Kandydata. Większość z tego dorobku uzyskana została po uzyskaniu stopnia doktora w 2018 r., co moim zdaniem potwierdza prawidłowy rozwój naukowy Habilitanta. Kandydat uzyskuje coraz większą rozpoznawalność międzynarodową, nie tylko poprzez publikacje, ale również wykonywane recenzje artykułów naukowych, prace w redakcjach czasopism i towarzystwach naukowych, a także nawiązywanie współpracy

z ośrodkami zagranicznymi. Dr inż. Jakub Stefan Markiewicz prowadzi również aktywną działalność organizacyjną popularyzatorską i dydaktyczną.

6. Inne uwagi

Podczas zapoznawania się z treścią wniosku (w szczególności z autoreferatem oraz wykazem osiągnięć) recenzent zauważył kilka drobnych błędów oraz mankamentów, które przedstawione są poniżej. Chciałbym jednak zaznaczyć, że nie mają one wpływu na pozytywną ocenę osiągnięć naukowych dr inż. Jakuba Stefana Markiewicza.

Jednym z głównych zastrzeżeń do autoreferatu jest brak odniesień do innej literatury, co może powodować, że pewne pojęcia mogą być nieco inaczej rozumiane przez Habilitanta i czytającego (np. SLAM, MVS, czy nawet często wspominany i wyjaśniany SfM). W mojej opinii powinny się także znaleźć odniesienia do publikacji twórców algorytmów, tym bardziej, że szczegółowe opisywanie algorytmu SIFT w autoreferacie może powodować wrażenie, że to Habilitant jest jego autorem.

Prawdopodobnie z tego powodu odnoszę również wrażenie, że metoda SfM nie została wystarczająco dokładnie zdefiniowana i opisana, mimo że zgadzam się z kontekstem używania tego pojęcia stosowanym przez Habilitanta. Moim zdaniem nakreślenie szerszego kontekstu powstania tej metody mającej swoje źródło w widzeniu maszynowym, a nie fotogrametrii pozwoliłoby uniknąć pewnych niejasności mogących powstawać podczas lektury autoreferatu. Kandydat starał się zdefiniować SfM, natomiast nie wszystkie stwierdzenia zostały wyjaśnione i opisane, np. „Istotą SfM jest wykorzystanie informacji o ruchu kamery (...)” – nigdzie dalej, „ruch kamery” nie jest wyjaśniany.

Habilitant zazwyczaj używa pojęcia orientacja chmur punktów, natomiast w kilku miejscach autoreferatu znalazło się określenie „rejestracja” będące kalką językową z języka angielskiego (np. s. 41 „metoda oparta na detektorach afinicznych nie wymaga żadnych wcześniejszych założeń dotyczących wstępnej rejestracji chmury punktów”).

W opisie wyników często jest mowa o błędzie liniowym (w Tab. 6 określonym jako odległość liniowa pomiędzy parami chmurami punktów), natomiast pojęcie to nie zostało jednoznacznie wyjaśnione. Czy jest to jakaś miara statystyczna (np. RMSE, MAE) obliczona na podstawie odległości pomiędzy punktami najbliższymi w tych chmurach (jeśli tak, to jaką metodą zostały one obliczone, jak traktowano wartości odstające) czy może jest to inna wielkość?

Rysunek 4. Pokazuje odniesienie do pozycji II.4.1.32 w załączniku 4, natomiast lista II.4.1 w tym załączniku kończy się na pozycji 31; wg nagłówka tej listy, publikacje z cyklu powinny być pogrubione, a nie są. Ponadto na wspomnianym rysunku łatwiej byłoby zauważyć, które artykuły są umieszczone w cyklu gdyby były wyróżnione.

Opis parametrów technicznych utworzonego w CENAGIS laboratorium jest w mojej opinii zbędnym elementem autoreferatu – podawanie rodzaju czy liczby celów referencyjnych nie zmienia opisanego wkładu Habilitanta „Byłem kierownikiem i współtwórcą zadania polegającego na przygotowaniu koncepcji i stworzeniu tzw. Laboratorium kalibracji skanerów

laserowych i kamer cyfrowych (...)", a jeśli parametry te są jednak istotne w kontekście wkładu Habilitanta, to powinno być to wyjaśnione.

W wykazie osiągnięć (załącznik 4) w Tab. 1 podane zostały współczynniki, IF czasopism, które dla kilku czasopism są niezgodne w faktycznymi wartościami. Przykładowo, czasopismo Sensors na 2019 r. i 2020 r. (odpowiednio artykuły [3] i [5] w cyklu) ma IF wynoszący odpowiednio 3,275 i 3,576, a nie 2,780 jak podano w tabeli. Nie jest to też aktualny IF ani pięcioletni.

W autoreferacie zauważono również kilka błędów edycyjnych:

- s. 9: jest „Z tego powodu nie jest możliwe bezpośrednie jej wykorzystania do orientacji” – powinno być „wykorzystanie”,
- s. 14: w tekście przywoływany jest rysunek 3, a powinien być rysunek 2,
- s. 15: w podpisie rysunku jest „Poprawie wykryte punkty powinna utworzyć płaszczyznę” – powinno być „powinny”,
- s. 16: jest „wielosnsorowych” – powinno być „wielosensorowych”,
- s. 17: jest „maksymalny kąt nachylenie nie przekraczający” – powinno być „nachylenia”.
- s. 21: na Rys. 5 w macierzy transformacji brakuje czwartej kolumny,
- s. 20-22: lista rozdzielona została rysunkiem,
- s. 29: w tabeli powinno być raczej RMSE, a nie RME,
- stosowane są różne separatory liczb dziesiętnych (nawet na jednej stronie raz jest kropka, a raz przecinek, np. s.40).

7. Wniosek końcowy

Oceniając wskazane przez Habilitanta osiągnięcia naukowe, w kontekście art. 219 ust. 1 pkt 2 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r. poz. 742), stwierdzam, że cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe dr. inż. Jakuba Stefana Markiewicza stanowią znaczny wkład w rozwój dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport. Ponadto, stwierdzam, że Habilitant wykazuje się istotną aktywnością naukową realizowaną w więcej niż jednej uczelni, w szczególności zagranicznej.

Mając na uwadze powyższe, jak również inne aspekty działalności naukowej Habilitanta, stwierdzam, że wymogi ustawowe stawiane kandydatom do stopnia doktora habilitowanego są spełnione. Popieram zatem wniosek o nadanie dr. inż. Jakubowi Stefanowi Markiewiczowi stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych, w dyscyplinie Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport.

dr hab. inż. Grzegorz Jóźków, prof. uczelni

