



PODPIS ZAUFANY

SŁAWOMIR  
KRÓLEWICZ  
09.01.2025 15:37:58 [GMT+1]  
Dokument podpisany elektronicznie  
podpisem zaufanym

dr hab. Sławomir Królewicz, adiunkt  
Zakład Teledetekcji Środowiskowej i Gleboznawstwa,,  
Wydział Nauk Geograficznych i Geologicznych  
Uniwersytet im. Adama Mickiewicza  
Ul. Krygowskiego 10, 61-680 Poznań

*prof. dr hab. inż. Mariusz Malinowski*  
PROREKTOR  
Politechniki Warszawskiej

OCENA

*prof. dr hab. inż. Mariusz Malinowski*

Osiągnięć naukowych dr. Jakuba Stefana Markiewicza

w związku z postępowaniem w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego

2025 -01- 2 3

w dyscyplinie inżynieria lądowa, geodezja i transport

## 1. Informacje ogólne

Pan dr Jakub Stefan Markiewicz uzyskał stopień doktora nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia, nadany przez Radę Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, na podstawie rozprawy pt.: *Badanie możliwości wykorzystania rastrów intensywności oraz metod dopasowania obrazów w automatycznej orientacji danych z naziemnego skaningu laserowego*. Dysertacja została przygotowana pod kierunkiem dr hab. inż. Doroty Zawieskiej profesor PW, a recenzentami byli: prof. dr hab. inż. Michał Kędziński oraz dr hab. inż. Sławomir Mikrut.

Habilitant od 2012 roku jest zatrudniony w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej Politechniki Warszawskiej, w latach 2012 – 2018 - na stanowisku asystenta naukowo-dydaktycznego, a od 2018 roku do chwili obecnej - na stanowisku adiunkta naukowo-dydaktycznego.

Na podstawie dostarczonej dokumentacji habilitant stwierdzam, że dr Markiewicz ubiega się o stopień doktora habilitowanego po raz pierwszy.

## 2. Podstawa prawna

Podstawą formalno-prawną przygotowania oceny jest uchwała nr 1023/2024 Rady Naukowej Dyscypliny Inżynieria Lądowa, Geodezja i Transport Politechniki Warszawskiej z dnia 8 października 2024 roku w sprawie powołania komisji habilitacyjnej w postępowaniu o nadanie stopnia doktora habilitowanego dr. **Jakuba Stefana Markiewicza**.

Niniejsza ocena została opracowana przy zastosowaniu przepisów i zaleceń obowiązujących w tym zakresie, tj.: Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. 2018 poz. 1668 z późn. zm.), oraz Poradnika pt. „Postępowania dotyczące nadawania stopnia doktora habilitowanego” z dn. 9 sierpnia 2023 r., opracowanego przez Radę Doskonałości Naukowej.

Zgodnie z art. 219 ust. 1 pkt. 3 Ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2023, poz. 742) kandydat do stopnia naukowego doktora habilitowanego: 1) posiada stopień doktora – **warunek 1**; 2) posiada w dorobku osiągnięcia naukowe, stanowiące znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny naukowej (...) – **warunek 2**, oraz 3) wykazuje się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej – **warunek 3**.

### 3. Ocena osiągnięć naukowych będących podstawą wniosku

Jako osiągnięcie 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 2021 r. poz. 478 z późn. zm.), Habilitant przedłożył cykl powiązanych tematycznie artykułów naukowych oraz 1 zrealizowane oryginalne osiągnięcie projektowe (art. 219 ust. 1. pkt 2c).

Osiągnięcie naukowe jako cykl powiązanych ze sobą artykułów naukowych zatytułowano: *Metodyka georeferencji danych z aktywnych i pasywnych sensorów pomiarowych przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody Structure-from-Motion*. Składa się ona z 8 artykułów opublikowanych w anglojęzycznych czasopismach naukowych, napisanych samodzielnie lub przy współudziale innych autorów. Jako oryginalne osiągnięcie przedłożono do oceny wdrożenie projektowe pt.: *Technologia integracji wielosensorowych danych geoprzestrzennych wykorzystywanych do generowania wysokorozdzielczej dokumentacji architektonicznej*. Projekt zrealizowano w ramach programu Inkubator Innowacyjności 4.0 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków UE, w ramach projektu pozakonkursowego „Wsparcie zarządzania badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac B+R w jednostkach naukowych i przedsiębiorstwach”, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Publikacje zostały opublikowane w czasopismach naukowych o łącznym wskaźniku IF 17,54, w zakresie punktacji MNiSW (w tym 2 publikacje za 200 według punktacji MNiSW). Problematyka zawarta w cyklu publikacji przedstawionych jako osiągnięcie naukowe była prezentowana w aktywnej formie na 14 konferencjach w Polsce i zagranicą.

Jako cel zasadniczy dla prezentowanego osiągnięcia Habilitant postawił zmodyfikowanie poszczególnych etapów metody SfM (nazywanej przez Habilitanta metodą TLS-SfM) w automatycznej orientacji wielosensorowych i wieloczasowych danych przestrzennych pozyskanych z pasywnych oraz aktywnych (nie obrazowych) systemów pomiarowych. W szczególności Habilitant chciał dokonać: 1) analizy doboru parametrów orientacji wysokorozdzielczych danych rastrowych pod kątem optymalnej ich orientacji metodą SfM (ten cel szczegółowy jest sformułowany przez Habilitanta niezbyt klarownie) 2) modyfikacji sposobu dopasowania zdjęć archiwalnych pozyskiwanych z różnych wysokości przy wykorzystaniu sensora o nieznanym parametrach, 3) modyfikacji etapu opisu i dopasowania punktów kluczowych w orientacji zdjęć lotniczych i danych pochodzących z lotniczego SAR (Synthetic Aperture Radar, sensora aktywnego), 4) zbadania możliwości modyfikacji metody SfM pod kątem orientacji samych danych TLS i chmur punktów wygenerowanych ze zdjęć naziemnych oraz danych TLS i 5) praktyczne wykorzystanie metody TLS-SfM w orientacji wieloczasowych danych przestrzennych. Większość prac, które obejmuje cykl osiągnięcia, dotyczy punktu czwartego.

Pierwszą publikacją cyklu jest artykuł wieloautorski pt. *Quality assessment of the use of a medium format camera in the investigation of wall paintings: an image-based approach*, opublikowany w czasopiśmie *Measurement* (wyd. Elsevier, vol. 132, 2019, pp. 224-237, DOI:10.1016/j.measurement). W tym zbiorowym opracowaniu Habilitant jest pierwszym autorem a swój udział w przygotowaniu określił na 25%, był twórcą hipotezy badawczej i metodyki przetwarzania danych. Wykonał prace związane z porównaniem metod wykrywania i dopasowywania punktów charakterystycznych i analizę wyników, a w szczególności uzyskanych dokładności i zasadności doboru parametrów w metodzie SfM dla zdjęć z aparatów średnioformatowych. Praca zawiera analizę możliwości wykorzystania wybranych algorytmów SfM (SURF, FAST, SIFT i zaimplementowanego w oprogramowaniu Photoscan) oraz zdjęć pozyskanych wysokorozdzielczym średnioformatowym aparatem Hasselblad H6D-100 o rozdzielczości 100 mln pikseli na potrzeby tworzenia dokładnej dokumentacji cyfrowej zabytków architektury (w tym wypadku fresków). Z punktu widzenia osiągnięcia ocenianego osiągnięcia Habilitant uznał za istotne ocenę: a) wpływu doboru detektora na liczbę i sposób rozmieszczenia punktów wiążących (porównano detektory punktów kluczowych SIFT, SURF, FAST oraz zaimplementowany w Agisoft PhotoScan, obecnie Metashape), b) wpływu doboru poziomu piramidy obrazu rastrowego na jakość orientacji zdjęć, c) doboru sposobu pomiaru osnowy fotogrametrycznej (tj. punktów osnowy i kontrolnych mierzonych metodami geodezyjnymi oraz odcinków skalujących referencyjnych i kontrolnych mierzonych suwmiarką), d) wpływu parametru gradual selection w oprogramowaniu PhotoScan na wartość błędu reprojekcji (błąd orientacji wzajemnej zdjęć).

We wnioskach tej pracy stwierdzono, iż detektor punktów kluczowych zaimplementowany w oprogramowaniu Photoscan pozwala na wyznaczenie największej ich ilości na analizowanym materiale zdjęciowym w tej pracy (wysoka

skuteczność tego algorytmu znajduje potwierdzenie w bardzo wielu pracach naukowych). Ponadto stwierdzono, iż pomiary manualne odcinków referencyjnych wykonane suwmiarką dają lepsze wyniki dokładności niż pomiary tachymetryczne. Z tym wnioskiem również należy się zgodzić, jednak trzeba zauważyć, iż ilość punktów i odcinków mierzonych precyzyjnie suwmiarką była zdecydowanie większa od punktów osnowy wykonanej tachymetrem, co może mieć wpływ na wyniki. Również różnica dokładności pomiaru jest po stronie pomiaru suwmiarką (0.05 mm wobec 2 mm dla tachymetru). Wydaje się również, iż skala opracowania jest za duża dla geodezyjnych urządzeń pomiarowych.

Kolejnym wnioskiem z tej pracy było stwierdzenie, iż (cytat z autoreferatu), „oceniając wpływ doboru piramidy obrazu (rozdzielczości obrazu) na dokładność orientacji i pomiaru na zdjęciach można jednoznacznie stwierdzić, że zmniejszenie rozdzielczości zdjęcia znacząco skraca czas wyszukiwania i dopasowywania punktów wiążących przy jednoczesnym zachowaniu (nie zmniejszaniu) dokładności orientacji zdjęć” - generalnie skrócenie czasu jest oczywiste ze względu na zmniejszenie wielkości przetwarzanych obrazów. Co do zachowania dokładności wraz ze zmniejszaniem wielkości obrazów (wykorzystania kolejnych poziomów piramidy) można by polemizować – może to być związane z bardzo dużą ilością danych referencyjnych wykorzystanych w tej pracy.

Zdziwienie recenzenta budzi natomiast fakt braku dość podstawowej informacji o wykorzystanym obiektywie i jego parametrach oraz o zastosowanym modelu zniekształceń geometrycznych dla układu optycznego (czy informacji, że przyjęto stały model zniekształceń, albo przyjęto ich brak – czyli założono idealny rzut środkowy dla tego aparatu/obiektywu, zatem brak jakichkolwiek zniekształceń; czy ewentualnie wykorzystano proces autokalibracji do oszacowania modelu zniekształceń, czy osiągnięto to poprzez jakiś dodatkowy postprocessing zdjęć dedykowanym oprogramowaniu producenta). Jeśli przyjmując, iż wykorzystano standardowy obiektyw dla tego aparatu, czyli Hasselblad HC 80mm f/2.8, to wykonując zdjęcia z różnych odległości dla trzech powierzchni testowych, na pewno zmieniały się ustawienia ostrości, a to ma wpływ na wielkość tylnej ogniskowej obiektywu. Jeśli zastosowano autokalibrację, to zostały obliczone trzy różne modele zniekształceń, a to wymagałoby ich porównania, aby ocenić spójność modelowania fotogrametrycznego dla trzech powierzchni testowych wykorzystanych w tej pracy. Zabrakło w tej pracy próby wykorzystania suwmiarki do trójwymiarowego skalibrowania modeli powierzchni fresków, choć oczywiście same modele posiadały 3 wymiary. Dziś, tak dokładne a nawet dokładniejsze zdjęcia, można wykonać telefonem komórkowym za 1000 złotych – koszt wykorzystanego w tej pracy aparatu w momencie jego wprowadzania na rynek wynosił ponad 27000 dolarów.

W pracy, w przypadku wykorzystania oprogramowania komercyjnego Photoscan, brak informacji jak ustawiono parametry etapu ułożenia zdjęć, Align Photos, (limity keypoints i tiepoints). Pojawia się natomiast stwierdzenie: *"To summarize, the total number of points detected by the PhotoScan software was similar for all of the pyramid levels. This means that the implemented detector and descriptor is performed equally for each pyramid level and is not affected by the image's resolution"*. To stwierdzenie jest nieprawdziwe, bowiem przybliżona liczba punktów wiążących, niezależnie od poziomu piramidy obrazowej, wynika z tego, że liczba wykrytych punktów kluczowych, zawsze była większa niż limit punktów kluczowych ustawiony dla zdjęcia przed rozpoczęciem etapu Align Photos w programie Photoscan (a to związane jest z wykorzystaniem zdjęć o dużej rozdzielczości). W pracy nie podano danych na temat formatu pliku do zapisu zdjęć, czy użyto formatu bezstratnego jak TIFF czy negatyw cyfrowy .FFF (dla aparatów Hasselblad), czy wykonano przetwarzanie zdjęć przy pomocy oprogramowania Phocus, czy formatu stratnego, np. najpowszechniej używanego JPG. Użycie formatu stratnego ma wpływ na generowanie niewielkiej ilości dodatkowych punktów kluczowych – co wynika z artefaktów kompresji stratnej algorytmu JPG,. Nie podano modelu barwnego, w którym wykonano przetwarzanie fotogrametryczne i głębi bitowej zastosowanej w definicji koloru. Nie przeprowadzono również analizy statystycznej obrazów źródłowych w kontekście oceny jakości ich wykonania – co ma znaczenie w aspekcie generowania punktów kluczowych (w oprogramowaniu Photoscan/Metashape istnieje możliwość oceny tej jakości poprzez parametr Image Quality, powiązany z przestrzennym rozkładem ostrości). Jakość zdjęć zależy również od warunków oświetlenia fotografowanego obiektu, niezależnie od tego czy jest to sztuczne czy naturalne światło, co wyraża się odpowiednio w parametrach statystycznych obrazów. Brak również informacji jak wykonano zdjęcia w sensie ich wzajemnego ułożenia i rozkładu względem powierzchni testowych (poza tym, iż wynosiło pokrycie wzajemne wynosiło około 70%) oraz nie przedstawiono, poza ilościowym, reguł zmniejszania ilości zdjęć biorących udział w modelowaniu.

Co do wykorzystanego oprogramowania komercyjnego i narzędzi programistycznych, to wydaje się potrzebne podawanie ich wersji, bowiem w aspekcie omawianego artykułu – oprogramowanie Metashape i biblioteka OpenCV podlegają ciągłemu rozwojowi uwzględniającego wprowadzanie nowych algorytmów i poprawę wykrytych błędów, w tym również w zakresie wykorzystanych algorytmów wyznaczania punktów kluczowych.

Trochę nieczytelna jest struktura tej pracy, mianowicie kiedy analiza dotyczy czterech algorytmów, a kiedy zaczyna być ograniczona tylko do oprogramowania komercyjnego. Również opisy rycin niezbyt precyzyjnie wyjaśniają, którego eksperymentu, powierzchni testowej dotyczą i w jakim aspekcie. Numeracja kolejnych podrozdziałów rozdziału piątego zawiera błędy, a mianowicie: 5.1. Point detectors analysis, 5.1.1. The influence of gradual selection on reprojection error, 5.1.2. Accuracy of the pyramid level (after gradual selection), podrozdziały 5.1.1 i 5.1.2 dotyczą przetwarzania w oprogramowaniu Photoscan i nie mają już związku z różnymi algorytmami (SIFT, FAST, SURF), a potem znowu 5.1. The investigation of the relationship between the number of images used and the accuracy, 5.2. Statistical analysis.

Podsumowując w tej pracy dokonano oceny efektywności wybranych czterech metod wyznaczania i dopasowania punktów kluczowych na obrazach w różnej rozdzielczości (wykorzystując kolejne poziomy piramidy) wraz z wykonaniem ułożenia zdjęć na podstawie chmury punktów wiążących. Habilitant stworzył w ramach pracy odpowiednie oprogramowanie, które pozwalało wykonać obliczenia i dokonać porównania wyników obliczeń opartych na ogólnodostępnych algorytmach z oprogramowaniem komercyjnym, co w tym artykule stanowi największą wartość. Podstawową niewiadomą pozostaje kwestia uwzględnienia zniekształceń geometrycznych obiektu w obliczeniach, zarówno we własnym oprogramowaniu jak i oprogramowaniu komercyjnym.

Drugą publikacją cyklu jest artykuł wieloautorski pt. *Development of true orthophotomaps of the fortified settlement at Biskupin, Site 4, based on archival data, w.*, opublikowany w czasopiśmie *Archaeological Prospection*, vol. 26 (2), 2019, pp. 1-28, DOI:10.1002/arp.1748. W tym zbiorowym opracowaniu Habilitant jest drugim autorem a swój udział w przygotowaniu określił na 60%. Był twórcą metodyki i koncepcji badań, przygotował i dokonał implementacji rozszerzonej metodyki SfM do orientacji archiwalnych zdjęć w zrobiony różnych skalach oraz przygotował artykuł. Łączenie tak zróżnicowanych zdjęć pod względem skali przy braku informacji o kamerach, którymi je wykonano, do postaci jednej ortofotomapy w oprogramowaniu takim Photoscan, wysoce zautomatyzowanym, jest bardzo sporym wyzwaniem. Zastosowana przez Habilitanta metodyka opierająca się na podziale zdjęć według wysokości, na pionowe i skośne wraz z zastosowaniem manualnego wyboru punktów wiążących wyznaczanych w oparciu o zmodyfikowany schemat Grubera doprowadziła do skutecznego stworzenia wysokorozdzielczej ortofotomapy wykopalisk w Biskupinie (choć podobne wskazówki zawarte są manualu oprogramowania).

W związku z dużym zróżnicowaniem radiometrii zdjęć, co wynikało z wykonania ich różnymi typami kamer w odmiennych warunkach oświetlenia i naświetlania, w pracy podano informacje o wykonanych korektach radiometrycznych, jednak nie sprecyzowano jakich, czy to były techniki poprawy kontrastu całych zdjęć czy korekty oparte o operatory lokalne. Z literatury naukowej wiadomo, iż poprawa kontrastu i filtracje przestrzenne nie mają wpływu na przetwarzanie fotogrametryczne. Z mojego doświadczenia wynika, iż zróżnicowanie tonalne treści zdjęć archiwalnych czasami może obejmować tylko 30-40 poziomów tonalnych (dotyczy skanów cyfrowych analogowych zdjęć lotniczych z lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych), co sprawia trudność algorytmom wyznaczania i łączenia punktów kluczowych (zwłaszcza przy braku informacji o ogniskowej, czy rozdzielczości skanowania). Generalnie chcąc uzyskać maksymalne zróżnicowanie kontrastu na zdjęciach, trzeba było zastosować optymalizację parametrów skanowania na etapie digitalizacji oryginałów zdjęć, czyli płytek szklanych (o technikach zastosowanych podczas skanowania brak jednak informacji w pracy).

W procesie modelowania fotogrametrycznego zastosowano procedurę autokalibracji parametrów modelu zniekształceń dla każdego potencjalnego układu optycznego (tabela 2), stosując dwa parametry dla dystorsji radialnej (wybrano parametry K1 i K3) i dwa dla dystorsji tangencjalnej. W tej charakterystyce procesu obliczeniowego, zawartej w tabeli drugiej brak informacji, o wprowadzeniu danych o rozdzielczości skanowania, jako wymiaru piksela, co zawiera

się w definicji rodzaju kamery (w tym wypadku ramkowa). W pracy nie zawarto także omówienia wyników autokalibracji, w zakresie realności wyliczonej ogniskowej, położenia punktu głównego ( $C_x$ ,  $C_y$ ), bowiem w „trudnych zbiorach danych” Photoscan/Metashape potrafi oszacować parametry modelu zniekształceń niezbyt realne (np. punkt  $C_x/C_y$  pod krawędzią zdjęcia). Tym bardziej, że kalibracja geometryczna oparta o punkty kontrolne była wykonana tylko w dwóch wymiarach. Z innych prac naukowych na temat dokumentacji wykopalisk w Biskupinie wiadomo, iż istnieją przekroje pionowe wykonywanych wykopalisk, które mogły ewentualnie posłużyć do wprowadzenia danych wysokościowych dla wybranych punktów osnowy. W geoinformacji pojęcie Digital Surface Model związane jest raczej z rastrową postacią danych, w tej pracy jest ono używane zamiennie pojęciami „mesh” i TIN, które są strukturami geometrycznymi (nieregularna siatka trójkątów).

Trzecią publikacją cyklu jest artykuł wieloautorski pt. *Geometrical Matching of SAR and Optical Images Utilizing ASIFT Features for SAR-based Navigation Aided Systems*, w.; opublikowany w czasopiśmie *Sensors*, vol. 19, no. 24, 2019, pp. 1-33, DOI:10.3390/s19245500. W tym zbiorowym opracowaniu Habilitant jest pierwszym autorem a swój udział w przygotowaniu określił na 30%, a jego rola dotyczyła stworzenia metodyki orientacji ortoobrazów z danymi SAR bazującą na wyszukiwaniu punktów wiążących oraz ich dopasowaniu zmienioną metodą ICP wraz przygotowaniem i zaimplementowaniem algorytmów dopasowania obrazów. W zaproponowanym rozwiązaniu kluczowe jest zastąpienie metody dopasowania deskryptorów przed bezpośrednio dopasowaniem chmur punktów w tym wypadku metodą ICP 2D (Iterative Closest Point), na podstawie przybliżonej lokalizacji. Przyczyna takiego podejścia jest są cechy spektralne ortoobrazów (trzy kanały widzialne) i SAR – jeden zakres, co ma wpływ na deskryptory tych samych punktów kluczowych. Takie dopasowanie geometryczne obrazów – SAR o ortoobrazów, według autorów może być wykorzystane do obliczeń poprawek georeferencji wprost. Artykuł zawiera dość wyczerpujący przegląd teorii związanej z omawianym problemami. W skuteczności zaproponowanej metody kluczowe wydaje się filtrowanie obrazów SAR pod kątem usunięcia zakłóceń plamkowych, bowiem obecność tych zakłóceń powoduje wyznaczenie nadmiernej ilości punktów kluczowych. Pewną słabością zaprezentowanych wyników jest testowanie tylko jednego fragmentu zobrazowania radarowego. Na przykład, gdyby obraz radarowy obejmował tylko jedno wielkie pole – nie koniecznie istniałaby możliwość wyznaczenia odpowiedniej ilości punktów kluczowych. Wpływ na możliwość wystąpienia podobnych problemów może mieć wysokość lotu i szczegółowość obrazowania radarowego. Przedstawiona koncepcja wykorzystania tej metody do wsparcia nawigacji w czasie rzeczywistym jest trochę nierealna, w takim sensie, że porównywanie obrazów RGB wykonywanych przez jakikolwiek dodatkowy sensor dodany do sensora SAR z istniejącą ortofotomapą będzie zdecydowanie szybsze (RGB z RGB) niż obrazów SAR z RGB, ponieważ może odbywać w tożsamych przestrzeniach cech spektralnych obrazów, co zapewni zdecydowanie większą zgodność punktów kluczowych i ich deskryptorów. Dodatkowo można prowadzić dopasowanie na obrazach w różnej rozdzielczości (kolejnych poziomach piramidy obrazowej). Pewnym usprawnieniem zaproponowanej metody mogłoby być uprzednie obliczenie punktów/deskryptorów dla ortofotomapy.

Czwartą publikacją cyklu artykuł wieloautorski pt. *The Influence of the Cartographic Transformation of TLS Data on the Quality of the Automatic Registration*, w.; opublikowany w czasopiśmie : *Applied Sciences*, no. 9(3), 509, 2019, pp. 1-28, DOI:10.3390/app9030509. W tym przypadku Habilitant jest pierwszym autorem, a swój udział w przygotowaniu tej publikacji określił na 80%, a jego rola dotyczyła stworzenia metodyki i koncepcji badań, przygotowania i implementacja algorytmów, zebrania i analizy danych oraz przygotowanie artykułu. Artykuł stanowi pierwszy w cyklu odnoszący się do kluczowego osiągnięcia, czyli orientacji chmur punktów przy zastosowaniu oryginalnej metody TLS-SfM. Artykuł skupia się na wpływie geometrii przetworzenia chmury do postaci rastrowej na jakość automatycznej rejestracji. Nowością tej pracy jest wykorzystanie nieuporządkowanego i surowego zbioru danych TLS wewnątrz, zarówno obiektów o gładkich ścianach i sufitach (z małą liczbą szczegółów), jak i historycznych powierzchni o skomplikowanej teksturze. W przypadku obiektów cennych architektonicznie nie jest możliwe rozmieszczenie znaczników wykorzystywanych w procesie orientacji danych. Dla porównania osiąganych wyników wykorzystano skanowania laserowe dla czterech pomieszczeń. Zastosowano również dwa scenariusze skanowań aby uzyskać pary chmur o zbliżonych i mocno zróżnicowanych kątach skanowania. Orientację obrazów rastrowych chmur

punktów oparto o dwa algorytmy wyszukiwania cech kluczowych SURF i FAST, wykorzystując jeden deskryptor -SFIT – do opisu punktów kluczowych. W pracy zawarto również szczegółowy opis podstaw teoretycznych zaproponowanej metodyki obliczeń oraz zacytowano 46 publikacji naukowych i technicznych. Wyniki przeprowadzonych eksperymentów pokazują, że w pełni automatyczna rejestracja chmur punktów TLS w postaciach rastrowych jest możliwa. Istotnym wnioskiem z przeprowadzonych badań jest uwzględnianie wpływu kąta skanowania na wybór sposobu formowania obrazu rastrowego z chmury punktów, co ma również wpływ na efektywność działania detektorów punktów kluczowych. W pracy wykazano również możliwość osiągnięcia wyższych dokładności dopasowania chmur punktów zaproponowaną metodą w porównaniu z metodami znacznikowymi zastosowanych poprzez dedykowane oprogramowanie, dostarczane z wraz ze skanerem laserowym.

Zabrakło w tej pracy porównania czasów: całkowitego ułożenia chmur proponowaną metodą (z zaprezentowanej w pracy postaci) i czasu zarejestrowania chmur punktów metodą znacznikową – autorzy stwierdzają tylko we wstępie że korzystanie z detektorów punktów kluczowych skraca proces rejestracji wzajemnej chmur punktów. Nie podano rozdzielczości chmur punktów w postaci liczby punktów pojedynczych skanów; kolejne pomieszczenia skanowano z różną dokładnością kątową (pomieszczenie I i II, 3,2 mm/10m, pomieszczenie III, 6,2 mm/10m, natomiast czwarte 12 mm/10m, choć w wynikach wspomniano rozdzielczość 1,2 mm/10m ???). Czwarte pomieszczenie było opuszczoną powierzchnią sklepową, w której dominowały białe ściany – wydaje się, iż dokładność skanowania laserowego dla tego pomieszczenia była za niska. W pracy zabrakło dyskusji z pracami innych autorów stosującym podobne rozwiązania (w dyskusji odniesiono się tylko do dwóch prac poprzednich, których współautorem był dr Makiewicz).

Piątą publikacją cyklu artykuł wieloautorski pt. *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.*, opublikowany w czasopiśmie: *Sensors*, vol. 20, no. 11, 2020, pp. 1-33, DOI:10.3390/s20113277. W tym przypadku Habilitant jest pierwszym autorem, a swój udział w przygotowaniu tej publikacji określił na 80%, a jego rola dotyczyła stworzenia metodyki i koncepcji badań, przygotowania i implementacja algorytmów, zebrania i analizy danych oraz przygotowanie artykułu. Praca ta jest kontynuacją badań podjętych i opublikowanych w poprzedniej, czwartej pracy cyklu. W niniejszej pracy badania rozszerzono o kolejne trzy detektory punktów kluczowych, mianowicie ASIFT, BRISK i CenSurE. Badania przeprowadzono na bazie tych samych powierzchni testowych co w poprzedniej pracy. Poprzez ewaluację kryteriów efektywności poszczególnych detektorów wykazano najlepszą efektywność detektora ASIFT dla wszystkich analizowanych przypadków chmur punktów czterech obiektów testowych. Skuteczność tego algorytmu wiąże się jednak z dłuższym całkowitym czasem obliczeń co wynika z generowania dodatkowych postaci obrazu symulujących zmiany geometrii. Czas ten jednak wynoszący około 40 minut (detekcja i łączenie punktów kluczowych) nie jest znowu taki długi. W pracy zabrakło jednak zdefiniowania poszczególnych zakresów zmienności poszczególnych kryteriów dla ocen (1-5), zawartych w tabeli siódmej. Dyskusja zawarta w pracy dotyczyła właściwie tylko wyników i poprzedniej publikacji autorów (czwarta praca cyklu). Bardzo wartościowe, podkreślające dużą wiedzę i umiejętności Habilitanta jest przygotowanie i rozwijanie własnego oprogramowania. W przypadku IV powierzchni testowej (opuszczone pomieszczenie sklepowe) zastosowano najniższą rozdzielczość skanowania – pytanie czy to miało wpływ na skuteczność ułożenia chmur punktów w porównaniu do innych powierzchni testowych? Zastanawiające jest zróżnicowanie wyników, konkretnie procent poprawnie generowanych punktów wiążących i ich liczba punktów, dla pierwszej i drugiej powierzchni testowej (w sensie tekstury powierzchni dość podobnych do siebie).

Szóstą publikacją cyklu artykuł wieloautorski pt. *Evaluation of 2D affine – hand-crafted detectors for feature-based TLS point cloud registration, w.*, opublikowany w czasopiśmie: *Reports on Geodesy and Geoinformatics*, vol. 117, 2024, pp. 69-88. <https://doi.org/10.2478/rgg-2014-0008>. W tym przypadku Habilitant jest jedynym autorem tej pracy, która stanowi dalsze rozwinięcie prac nad metodą TLS-SfM, tym razem koncentrując się na analizie efektywności afinicznych detektorów punktów kluczowych w porównaniu z ich podstawowymi wersjami. W pracy zawarto 57 pozycji literatury naukowej i technicznej. W pracy przeanalizowano łącznie 10 detektorów punktów kluczowych (FAST, BRISK, CenSurE, SURF i SIFT, oraz ich wersje biorące pod uwagę afiniczność, AFAST, ABRISK,



ACenSurE, ASURF i ASIFT). Opis punktów kluczowych dokonano za pomocą deskryptora SIFT, podobnie jak we wcześniejszych pracach. W pracy tej wykazano przede wszystkim przydatność uwzględnienia afinizmu w działaniu detektorów co pozwoliło na znaczące zwiększenie dokładności orientacji par rastrów chmur punktów oraz kompletności orientacji wszystkich skanów dla powierzchni testowych w procesie wyrównania ostatecznego. Porównując działanie poszczególnych detektorów punktów kluczowych wykazano poprawę działania po zastosowaniu „afinicznej” wersji detektora punktów. W omawianej pracy zastosowano po raz pierwszy wewnętrzne wskaźniki niezawodności sieci geodezyjnej w analizie dokładności orientacji chmur punktów i generalnie osiągnięto wyższe wartości tych wskaźników dla przypadków orientacji wykonanych metodą TLS-SfM w porównaniu z metodą opartą o znaczniki. Oznacza to przede wszystkim możliwość automatycznego wykrywania większej liczby punktów wiązania o lepszym rozkładzie przestrzennym i lepszą odporność na błędy grube.

W omawianej pracy zabrakło, w opisie metodyki przetwarzania danych, podania liczby dodatkowych obrazów generowanych dla wersji detektorów uwzględniających afiniczność (z dokumentacji dostępnej dla różnych detektorów ta liczba może być zmienna i ma wpływ na czas generowania punktów kluczowych). Nie opisano także schematu pomiarów tachymetrycznych dla punktów sygnalizowanych osnowy (czy to jest widoczne na schematach pomieszczeń w postaci czerwonych odcinków). Ogólnie nasuwa się pytanie – na ile istotny jest czas przetwarzania danych w rejestracji chmur punktów obiektów archeologicznych czy nawet publicznych? Z punktu widzenia biznesowego, przy dużej ilości zleceń – odpowiedź byłaby twierdząca; natomiast z punktu widzenia tworzenia standardowej dokumentacji dla archeologów czy urzędników – to chyba różnice w czasie kilkunastu minut, czy nawet godzin, nie mają większego znaczenia (taki „wymiar” czasowy obliczeń zawarty jest w poszczególnych artykułach osiągnięcia).

Siódmą publikacją jest cyklu artykuł wieloautorski pt. *The evaluation of hand-crafted and learned-based features in Terrestrial Laser Scanning-Structure-from-Motion (TLS-SfM) indoor, w;* opublikowany w czasopiśmie: *Heritage Science*, vol. 11, 254 (2023). <https://doi.org/10.1186/s40494-023-01099-9>. W tym artykule wieloautorskim Habilitant jest pierwszym autorem, a swój wkład w powstanie publikacji określił na 50%, a w szczególności dotyczył opracowania metodyki i koncepcji badań z zastosowaniem metody TLS-SfM, przygotowania oprogramowania i implementacji algorytmów, przetwarzanie danych i orientacji chmur punktów oraz przygotowanie tekstu. W publikacji tej dr Markiewicz włączył do badań kolejne algorytmy stosowane do wyznaczania i opisu punktów kluczowych oparte o metody sieci neuronowych i uczenia maszynowego (SuperGlue, LoFTR, KeyNetAffine). W tej pracy, w odróżnieniu od poprzednich prac cyklu, zdefiniowano wykorzystywaną miarę dopasowania deskryptorów (L2) metod typu hand-crafted – AFAST, ASURF, ASIFT; w poprzednich pracach cyklu nie jest to wspomniane, natomiast omówione same zagadnienie jest w autoreferacie i pracach z poza cyklu osiągnięcia. Testowanie metody TLS-SfM z wykorzystaniem 6 algorytmów wyznaczenia i opisu punktów kluczowych wraz z procesem ich wiązania wykonano, podobnie jak w poprzedniej pracy cyklu na 6 powierzchniach testowych – stąd część wyników została w tej publikacji powtórzona. Warto również podkreślić dużą liczbę 94 zacytowanych w tej pracy publikacji naukowych i innych. W tej pracy autorzy zrezygnowali z porównania czasów przetwarzania pomiędzy poszczególnymi algorytmami, co z kolei było podkreślane w poprzednich pracach osiągnięcia (czwarta, piąta i szósta). Wykazano, przynajmniej na tym etapie, iż klasyczne algorytmy (hand-crafted) z uwzględnieniem afiniczności są bardziej efektywne niż wybrane modele oparte o metody sieci neuronowych i uczenia maszynowego. W przypadku zastosowania tych nowoczesnych modeli warto być może bliżej przyjrzeć się etapowi augmentacji modelu (np. CNN), czyli wykonywanemu zestawowi przetworzeń obrazu wejściowego, być może ten zestaw powinien być inny niż standardowy (głównie oparty o przetworzenia geometryczne, przy czym ilość tych przetworzeń jest przeważnie dużo większa niż w przypadku uwzględniania afiniczności dla algorytmów typu hand-crafted). Istotnym wnioskiem wskazanym w autoreferacie, dotyczącym metod learned-based, jest wykonanie trenowania modelu na własnych danych.

Poniżej zestawiono uwagi ogólnie odnoszące do czwartej, piątej, szóstej i siódmej publikacji cyklu osiągnięcia, mające w dużej mierze charakter punktów do dyskusji, bowiem podjęty temat badawczy jest bardzo szeroki.

- 1) Nie podjęto się testowania metod wyznaczania punktów kluczowych z różnymi parametrami obliczeniowymi analizowanych detektorów (wartości progu jasności) i wpływu tych parametrów na liczbę generowanych punktów kluczowych; nie do końca jest jasne czy przetwarzano dane obrazowe jako pochodne skaningu laserowego o odbiciu w skali 8-, 16- czy 32-bitowej zmiennoprzecinkowej, rozdzielczość radiometryczna skanerów zazwyczaj przekracza 12-bitów;
- 2) W większości prac zaprezentowano ujednoczenie opisu punktów kluczowych jednym wybranym deskryptorem SIFT, z jednej strony takie podejście jest uzasadnione (porównanie wyników) pytanie czy to ma wpływ na osiąganą ilość punktów wiążących (w raporcie z projektu wdrożeniowego wykazano natomiast zróżnicowanie i wpływ deskryptora na liczbę punktów wiążących);
- 3) W aspekcie porównawczym można było spróbować zastosować układanie chmur punktów konwertowanych do obrazów rastrowych oprogramowaniu PhotoScan/Metashape, stosując model kamery typu „spherical” albo jako obrazy panoramiczne, kontynuując porównywanie metod ogólnie dostępnych (np. w bibliotece OpenCV) z oprogramowaniem komercyjnym, zaprezentowanym w pierwszej pracy cyklu,
- 4) W całym cyklu nie podjęto się analizy jakości radiometrycznej / statystycznej danych obrazowych konwertowanych chmur punktów, chociażby na podstawie histogramu (średnia, wariancja), co mogłoby stanowić przesłankę do określonego schematu przetwarzania; brak charakterystyki statystycznej generowanych obrazów rastrowych; nie zastosowano też wskaźników analizy jakości obrazu np. podobnych jak w Metashape – Image Quality Estimation, w tym oprogramowaniu wartość tego parametru dla zdjęcia <0,5 stanowi przesłankę do wykluczenia zdjęcia z przetwarzania;
- 5) Habilitant skupił się na analizie dokładności orientacji chmur punktów – produktów końcowych zaproponowanej metody TLS-SfM, uwzględniając dokładność znaczników i naturalnych punktów kontrolnych, równomierny rozkład punktów wiążących w modelu itp., w nawiązaniu do poprzedniej uwagi zabrakło analizy właściwości danych wejściowych zarówno danych skaningu laserowego (ale tylko dokładność teoretyczną skanera podaną przez producenta) i chmur punktów konwertowanych do postaci rastrowej; w tej analizie nie uwzględniono szumy własnego danych laserowych na dokładność produktów końcowych;
- 6) Z informatycznego punktu widzenia, brak zdefiniowania sprzętowych parametrów obliczeń (rodzaj CPU i RAM, rodzaj dysku, karta graficzna) stanowi pewną przeszkodę do przewidywania efektywności proponowanego rozwiązania zastosowanego na różnych komputerach;
- 7) Z punktu widzenia możliwości współczesnych naziemnych skanerów laserowych, w zaprezentowanych pracach wykorzystano skanery o możliwości generowania chmur w średniej rozdzielczości – 3mm / 10m wobec aktualnie dostępnych rozdzielczości 0,3mm/10m; zastosowanie dokładniejszych danych laserowych powinno mieć pozytywny wpływ na efektywność łączenia chmur punktów zaproponowaną metodą, co wiąże się z uzyskiwaniem obrazów rastrowych o lepszej teksturze, zwłaszcza w pomieszczeniach biurowych o białych ścianach – ta uwaga dotyczy braku analogicznego skomentowania rozwoju technologicznego skanerów w kontekście zaproponowanej metody (choćby w autoreferacie).

Ósmą publikacją cyklu jest artykuł wieloautorski pt. *Non-destructive system for in-wall moisture assessment of cultural heritage buildings*, w; opublikowany w czasopiśmie: *Measurement*, Elsevier, vol. 203, 2022, pp. 1-29, DOI:10.1016/j.measurement.2022.111930. W tej pracy Habilitant jest trzecim autorem, a swój wkład w powstanie publikacji określił na 25%. W przygotowaniu publikacji jego udział dotyczył, stworzenia metodyki orientacji systemu elektromagnetycznego (GPR) z danymi fotogrametrycznymi metodą TLS-SfM oraz metodyki badań w zakresie wykorzystania metody TLS-SfM w integracji chmur punktów ze zdjęć naziemnych z chmurami punktów TLS, dalej wykonania i opracowania wyników z przetwarzania danych TLS i zdjęć naziemnych wraz z analizą dokładności orientacji chmur punktów. Praca ta demonstruje zastosowanie opracowanej metodyki do precyzyjnej orientacji systemu pomiaru wilgotności murów pokrytych malowidłami, łącząc w sobie wykorzystanie danych obrazowych i laserowych oraz klasycznego pomiaru geodezyjnego. Praca ta również wyraźnie pokazuje umiejętności Habilitanta w zespołach złożonych ze specjalistów z różnych dziedzin. W kontekście przedstawionej aplikacji metody TLS-SfM nasuwa się pytanie, czy aż taka precyzja pomiaru w przedstawionych okolicznościach jest potrzebna. Nie do końca został opisany



sposób rejestracji obrazów z aparatu fotograficznego, tzn. czy robiono to ręcznie czy automatycznie poprzez jakieś ramię zainstalowane ramie całego systemu pomiarowego. Zabrakło również dokładnego omówienia przetwarzania zdjęć w oprogramowaniu Metashape (zdefiniowanie modelu zniekształceń, rodzaj i parametry obiektywu, format wejściowy zdjęć, jeśli JPG to mogło mieć wpływ na przetwarzanie danych i wyniki dokładności, poprzez generowanie dodatkowych punktów wiążących, stosowana auto-kalibracja układu optycznego za każdym razem nieco inaczej finalnie mogła wpływać na wielkość błędów na punktach referencyjnych i kontrolnych analizowanego dopasowania chmur punktów). Nie jest jasne czy system określania pozycji był wykorzystywany do ustawiania systemu pomiarowego w tej samej pozycji w kolejnych terminach mierzenia wilgotności, czy tylko do określania pozycji; czy za każdym razem wykonywano tę samą liczbę zdjęć. Na marginesie, wykresy zmian wilgotności pokazane są z jednym wykresem trendu temperatur - temperatura w pomieszczeniach nie jest jednorodna, stąd wykresy powinny być podzielone według wysokości pomiaru licząc od podłogi.

Jako osiągnięcie oryginalne projektowe powiązane z wdrożeniem przedstawiono projekt pt. *Technologia integracji wielosensorowych danych geoprzestrzennych wykorzystywanych do generowania wysokorozdzielczej dokumentacji architektonicznej*, którego Habilitant był pomysłodawcą, kierownikiem i głównym wykonawcą. Projekt został zrealizowany w ramach programu Inkubator Innowacyjności 4.0 finansowanego przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego ze środków UE, w ramach projektu pozakonkursowego „Wsparcie zarządzania badaniami naukowymi i komercjalizacja wyników prac B+R w jednostkach naukowych i przedsiębiorstwach”, realizowanego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 2014-2020. Jako dokumentację z realizacji tego projektu załączono raport końcowy. Uwagi do tego raportu poniżej według harmonogramu kolejno zawartej jego treści:

- 1) *opis założeń projektu, założenia metody TLS-SfM*, brak uwag
- 2) *harmonogram prac* - w trakcie realizacji chyba mocno ograniczony ze względu na bardzo krótki czas realizacji; np. założono przygotowanie graficznego interfejsu użytkownika, czego nie zaprezentowano w raporcie, choć stwierdzono, że jest,
- 3) *analizę rozwiązań rynkowych związaną z integracją różnych danych przestrzennych* - opis i funkcjonalności rozwiązań komercyjnych zestawiono w tabeli 1, zabrakło tam jednak podania wersji omawianych produktów i roku opublikowania wersji, dla której opisano funkcjonalności oprogramowania,
- 4) *opis wybranych metod detekcji i deskrypcji punktów kluczowych*,
- 5) *założenia metody TLS-SfM* – brak uwag
- 6) *wykorzystane dane przestrzenne wraz ich opisem dotyczącym pozyskania* - w rzeczywistości dane zostały pozyskane przed projektem choć harmonogram zakładał inaczej, a takie rozwiązanie związane było z bardzo krótkim czasem realizacji,
- 7) *wyniki wstępnego przetwarzania danych obrazowych i laserowych oprogramowaniu komercyjnym* - brak szczegółów związanych z kalibracją układów optycznych, czyli wynikami orientacji wewnętrznej, konfiguracją oprogramowania itp.,
- 8) *opis rozwiązań programistycznych* – brak uwag,
- 9) *analizę wybranych deskryptorów pod kątem wykorzystania do integracji danych* – brak uwag,
- 10) *opis rozwiązania integrującego zaproponowane metody wyszukiwania punktów wiążących z rozwijaną metodą SfM-TLS* – (czyli z istniejącym już wtedy oprogramowaniem, tak chyba należy rozumieć),
- 11) *wyniki testowania związane z integracją danych przestrzennych z różnych źródeł i czasu wykonania*.

Nowością tego projektu w relacji do wyników zaprezentowanych w cyklu publikacji jest zaimplementowanie do metody TLS-SfM (do własnego oprogramowania) i przetestowanie grupy deskryptorów opartych na uczeniu maszynowym i sieciach neuronowych (learned-based). Wykazano, iż deskrytory learned-based, w przeciwieństwie do podejścia opartego na metodach hand-crafted, pozwalają na wykrycie większej liczby potencjalnych punktów wiążących. Sam raport jest napisany według mnie, jak i realizacja projektu, na „szybko”, dlatego zdarzają się fragmenty tekstu, z których niezbyt klarownie wynika co autor miał dokładnie na myśli, np. o jaki rodzaj punktów chodzi, czy wiążące czy kluczowe, czy użycie chociażby samodzielne słowa algorytm bez sprecyzowania jego rodzaju.

Przedstawione w niniejszej recenzji uwagi nie obniżają mojej ogólnej pozytywnej oceny całego osiągnięcia naukowego dotyczącego koncepcji i praktycznych zastosowań metody TLS-SfM jak również ciągłych poszukiwań związanych z jej udoskonalaniem, poprzez testowanie nowych metod detekcji i opisu punktów kluczowych oraz weryfikacji poprawności ich powiązania. Podjęty temat badawczy jest niezwykle szeroki, obejmuje bardzo wiele podstawowych zagadnień z zakresu informatyki, przetwarzania obrazów, geodezji i wielu aspektów procesu pozyskania danych obrazowych i skanowania laserowego. Należy stwierdzić, iż zaproponowana metoda TLS-SfM została na tyle dopracowana, iż może być praktycznie stosowana, choć temat trudno uznać za zamknięty. W ramach przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego i wdrożenia projektowego, trudno ocenić aplikację/oprogramowanie stworzone przez Habilitanta. Największe wątpliwości budzi brak informacji o parametrach fotografowania i kalibracji układów optycznych w zaprezentowanych wynikach badań.

Biorąc pod uwagę dorobek Habilitanta, w którym znajdują się prace związane z metodą TLS-SfM, uważam że osiągnięcie naukowe mogłoby się składać z innych prac, a w sensie tematu skupione powinno właściwie tylko na samej metodzie TLS-SfM (omówienie historii rozwoju tej metody zawarte w autoreferacie, a szczególnie ryc. 4 wskazująca kamienie milowe tworzenia tej metodyki; są tam wymienione publikacje z poza przedłożonego cyklu).

#### **4. Ocena pozostałych osiągnięć naukowo-badawczych**

Dotychczasowa działalność naukowa Habilitanta skupiała się na dwóch głównych grupach tematycznych: wykorzystaniu nowoczesnych technologii pomiarowych w dziedzictwie kulturowym oraz przygotowaniu i realizacji koncepcji budowy laboratorium kalibracji sensorów laserowych i kamer cyfrowych w ramach CENAGIS. Realizacja podjętych problemów naukowych znalazła swoje odbicie w bardzo aktywnym publikowaniu, zarówno samodzielnie jak i w różnych zespołach wieloautorskich. Był współautorem 24 rozdziałów w monografiach (w tym 17 przed doktoratem), 41 publikacji w recenzowanych czasopismach naukowych (w tym 10 przed uzyskaniem stopnia doktora), 34 artykułów opublikowanych w materiałach konferencyjnych (w tym 11 przed uzyskaniem tytułu doktora). Absolutna większość publikacji naukowych opublikowana została w języku angielskim. Habilitant bardzo aktywnie brał udział w konferencjach naukowych, zarówno organizowanych w Polsce jak i zagranicą. Łącznie wziął aktywny udział w 46 konferencjach krajowych i 57 międzynarodowych (podając tytuły referatów zabrakło podania współautorów, chyba że wszystkie wygłosił samodzielnie?). Dodatkowo wygłosił 22 referaty na zaproszenie lub związane z popularyzacją wyników badań naukowych. Wykonał 49 recenzji artykułów naukowych w 15 czasopism ze współczynnikiem IF i 18 recenzji dla czterech czasopism bez IF. Jako członek komitetu organizacyjnego i naukowego brał udział w przygotowaniu 9 konferencji i seminariów naukowych, w tym w większości międzynarodowych. Brał również udział w pracach trzech komitetów redakcyjnych czasopism naukowych (Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Sensors and Machine Learning Applications, Journal of Modern Technologies for Cultural Heritage Preservation). Dr Markiewicz został uhonorowany za swoją działalność naukową 6 nagrodami, w tym dwoma za publikacje naukowe. Pełni też funkcję promotora pomocniczego w dwóch przewodach doktorskich. Rozpoznawalność dorobku naukowego Dr Markiewicza potwierdzona jest wskaźnikami bibliometrycznymi w postaci cytowań (według zestawienia zawartego w autoreferacie datowanego na 30 czerwca 2024 roku liczba cytowań, 160 bez autocytowań w Web Science i 220 – Scopus) i indeksu Hirscha (8 według Web of Science, 11 według Scopus). Aktualna liczba cytowań w Google Scholar przekracza ponad 550.

Dr Markiewicz w okresie swojej kariery naukowej brał udział w 16 zespołach badawczych realizujących projekty finansowane ze środków krajowych (NCN, NCBiR, MKiD, MNiSW, PW) i zagranicznych (Instytut Polski w Tbilisi i Polska Fundacja Narodowa, Liverpool John Moores University), pełniąc różne funkcje od wykonawcy, kierownika zadania po kierownika projektu. W ramach współpracy międzynarodowej odbył 3 staże naukowe, w tym dwa miesięczne w Liverpool John Moores University i 3 krótsze w Digital Technologies in Heritage Conservation, Uniwersytet w Bambergu.

Współpraca z otoczeniem społecznym i gospodarczym w bardzo różnych inicjatywach była realizowana z Muzeum Króla Jana III w Wilanowie, z Muzeum Archeologicznym w Biskupinie oraz Muzeum Zamek Królewski w Warszawie, Muzeum Wnętrz Pałacowych w Otwocku Wielkim filią Muzeum Narodowego w Warszawie, Współpraca ta między innymi dotyczyła badań na wykorzystaniem skaningu laserowego w dokumentacji archeologicznej i muzealnej.

Natomiast współpraca z European Rehabilitation Clinic i STARS Impresariat Filmowy obejmowała między wdrożenia oprogramowania komputerowego powiązanego z rozpoznawaniem obrazu.

Habilitant brał także udział w realizacji koncepcji budowy infrastruktury do celów badawczych, powstałej w ramach projektu „Centrum Naukowych Analiz Geoprzestrzennych, Obliczeń Satelitarnych wraz z laboratoriami testowania/certyfikacji produktów geomatycznych (CENAGIS) realizowanego na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej w latach 2018-2023 (w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Woj. Mazowieckiego). Jako kierownik realizował zadanie dotyczące przygotowania koncepcji i stworzenia tzw. Laboratorium kalibracji skanerów laserowych i kamer cyfrowych.

Podsumowując należy stwierdzić, iż Pan dr Markiewicz spełnił warunek wykazania się istotną aktywnością naukową w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

## 5. Ocena działalności dydaktyczno-organizacyjnej

Pan dr Markiewicz w dotychczasowej pracy, z zakresie dydaktyki prowadził wykłady 6 przedmiotów (w tym dwa w języku angielskim) oraz ćwiczenia z kilkunastu przedmiotów (również w języku polskim angielskim). Był promotorem 11 prac inżynierskich i magisterskich oraz jest promotorem pomocniczym dwóch doktoratów. Aktywnie uczestniczył w pracach związanych z modernizacją przedmiotów oraz rozwojem przedmiotów na studiach I i II stopnia realizowanych na kierunkach Geodezja i Kartografia oraz Geoinformatyka na Wydziale Geodezji i Kartografii. W szczególności:

- 1) W 2015 r. uczestniczył w pracach zespołu przygotowującego nowy kierunek Geoinformatyka I stopnia na Wydziale Geodezji i Kartografii, uczestnicząc w przygotowaniu następujących przedmiotów: podstawy cyfrowego przetwarzania obrazów, automatyzacja procesów fotogrametrycznych i widzenie maszynowe, podstawy fotogrametrii i fotogrametryczne technologie pomiarowe.
- 2) Od 2018 r. uczestniczył w pracach zespołu modernizującego studia II stopnia na kierunku Geodezja i Kartografia-specjalność Fotogrametria i Teledetekcja w ramach projektu NERW PW (Nauka – Edukacja – Rozwój). Uczestniczył w przygotowaniu nowych sylabusów i materiałów do ćwiczeń i wykładów z przedmiotów cyfrowe przetwarzanie obrazów, automatyzacja procesów fotogrametrycznych, fotogrametria bliskiego zasięgu.
- 3) W 2018 r. uczestniczył w pracach zespołu przygotowującego nowy kierunek studiów anglojęzycznych Mobile Mapping and Navigation Systems w ramach projektu NERW PW (Nauka – Edukacja – Rozwój). Odpowiedzialny był za przygotowanie nowych sylabusów i materiałów do ćwiczeń i wykładów z przedmiotów oraz ich prowadzenie: Image recognition and deep machine learning, computer Vision and 3D data processing.

W latach 2022 i 2024 poprowadził przedmiot pt. wizyjne techniki skanowania i przetwarzania danych 3D dla Uczestników Szkoły Doktorskiej na Wydziale Geodezji i Kartografii. Uczestniczył również w organizacji i prowadzeniu szkół letnich z zakresu tematyki pomiarów geodezyjnych i fotogrametrycznych. Odpowiedzialny był także za przygotowanie i prowadzenie międzynarodowej szkoły letniej, która odbyła się w dniach 17.07 – 30.07.2022 r. w Warszawie i Grybowie. W szkole letniej uczestniczyli studenci Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej oraz School of Civil Engineering and Built Environment Liverpool John Moores University. W 2022 r. i 2023 r. współprowadził wykłady i zajęcia praktyczne w ramach Międzynarodowej Letniej Szkoły Geomatyki finansowanej z programu SPINAKER organizowanego przez Narodową Agencję Wymiany Akademickiej (Polish National Agency for Academic Exchange, NAWA). Szkoły letnie odbyły się w Warszawie i uczestniczyli w nich studenci z różnych krajów, m.in. Ukrainy, Wielkiej Brytanii, Hiszpani, Słowenii, Irlandii czy Włoch. W 2024 r. uczestniczył jako organizator i prowadzący wykłady i zajęcia w ramach kolejnej Szkoły Letniej Geoinformatyki finansowanej w ramach projektu NAWA Ukraina 2.

Warte zauważenia jest również zaangażowanie studentów przez Habilitanta w działalność naukową poprzez wspólne przygotowywanie publikacji naukowych. Popularyzowanie nauki realizowane było poprzez wieloletnią współpracę z instytucjami kultury i uczestnictwo aktywne w organizowanych przez wydarzenia.

Podsumowując, należy stwierdzić, iż aktywność i zaangażowanie Pana dr Markiewicza dotyczące działalności dydaktycznej i popularyzacji nauki zasługują na uznanie.

## 6. Podsumowanie

Pan dr Jakub Stefan Markiewicz przedłożył cykl publikacji pod zbiorczym tytułem pt. *Metodyka georeferencji danych z aktywnych i pasywnych sensorów pomiarowych przy wykorzystaniu zmodyfikowanej metody Structure-from-Motion*, złożonego z 8 artykułów opublikowanych w anglojęzycznych czasopismach naukowych, napisanych samodzielnie lub przy współudziale innych autorów oraz wdrożenie projektowe pt.: *Technologia integracji wielosensorowych danych geoprzestrzennych wykorzystywanych do generowania wysokorozdzielczej dokumentacji architektonicznej*. Po dokonaniu szczegółowej analizy przedłożonego osiągnięcia, stwierdzam że według mojej oceny spełnia ono wymagania w zakresie, o którym mowa w art. 219 ust. 1 pkt 2, lit. b. wspomnianej Ustawy czyli stanowi istotny wkład w rozwój dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport i może być podstawą do nadania stopnia doktora habilitowanego (warunek 2). Również moja ocena aktywności naukowej na więcej niż jednej uczelni jest pozytywna (warunek 3).

Poznań, dnia 9 stycznia 2025 roku