

Politechnika Warszawska
Rada Naukowa Dyscypliny
Inżynieria lądowa, geodezja i transport
ul. Koszykowa 75
00-662 Warszawa
za pośrednictwem:
Rady Doskonałości Naukowej
pl. Defilad 1
00-901 Warszawa
(Pałac Kultury i Nauki, p. XXIV, pok. 2401)

Dr inż. Krzysztof Bakula
Politechnika Warszawska
Wydział Geodezji i Kartografii
Pl. Politechniki 1
00-661 Warszawa

Wniosek

z dnia 30 września 2023 r.

o przeprowadzenie postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w dziedzinie nauk inżynieryjno-technicznych w dyscyplinie¹

inżynieria lądowa, geodezja i transport

Określenie osiągnięcia naukowego będącego podstawą ubiegania się o nadanie stopnia doktora habilitowanego

Cykl publikacji naukowych zatytułowany „Rozwój i ocena dokładności technologii skanowania laserowego z bezzałogowych statków latających w tworzeniu precyzyjnych numerycznych modeli wysokościowych na przykładzie wałów przeciwpowodziowych”

Wnoszę – na podstawie art. 221 ust. 10 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2021 r. poz. 478 zm.) – aby komisja habilitacyjna podejmowała uchwałę w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego w głosowaniu ~~tajnym~~/jawnym^{*2}

Zostałem poinformowany, że:

Administratorem w odniesieniu do danych osobowych pozyskanych w ramach postępowania w sprawie nadania stopnia doktora habilitowanego jest Przewodniczący Rady Doskonałości Naukowej z siedzibą w Warszawie (pl. Defilad 1, XXIV piętro, 00-901 Warszawa).

Kontakt za pośrednictwem e-mail: kancelaria@rdn.gov.pl, tel. 22 656 60 98 lub w siedzibie organu. Dane osobowe będą przetwarzane w oparciu o przesłankę wskazaną w art. 6 ust. 1 lit. c) Rozporządzenia UE 2016/679 z dnia z dnia 27 kwietnia 2016 r. w związku z art. 220 - 221 oraz art.

232 – 240 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku - Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w celu przeprowadzenie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego oraz realizacji praw i obowiązków oraz środków odwoławczych przewidzianych w tym postępowaniu.

Szczegółowa informacja na temat przetwarzania danych osobowych w postępowaniu dostępna jest na stronie www.rdn.gov.pl/klauzula-informacyjna-rodo.html

Załączniki:

.....
(podpis wnioskodawcy)

1. Dane wnioskodawcy.
2. Kopia dokumentu potwierdzającego posiadanie stopnia doktora.
3. Autoreferat
4. Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny.
5. Publikacje i oświadczenia o wkładzie autorskim

¹ Klasyfikacja dziedzin i dyscyplin wg. rozporządzenia Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego z dnia 20 września 2018 r. w sprawie dziedzin nauki i dyscyplin naukowych oraz dyscyplin w zakresie sztuki (Dz. U. z 2018 r. poz. 1818).

² * Niepotrzebne skreślić.

Autoreferat
Dr inż. Krzysztof Bakula

Cykl publikacji naukowych zatytułowany „Rozwój i ocena dokładności technologii skanowania laserowego z bezzałogowych statków latających w tworzeniu precyzyjnych numerycznych modeli wysokościowych na przykładzie wałów przeciwpowodziowych”

Spis treści:

1. Dane habilitanta	2
2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne	2
3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu	2
4. Omówienie osiągnięć	3
4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego	3
4.2. Wprowadzenie omawiające cel naukowy i osiągnięte wyniki	4
4.3. Szczegółowe omówienie głównych osiągnięć	9
4.4. Podsumowanie osiągnięć	21
5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej	23
6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę	24
6.1. Osiągnięcia dydaktyczne	24
6.2. Osiągnięcia organizacyjne	25
6.3. Osiągnięcia popularyzatorskie	27
7. Inne informacje dotyczące jego kariery zawodowej	27

1. Dane Habilitanta

Imię i nazwisko:

Krzysztof Ireneusz Bakula

2. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe lub artystyczne – z podaniem podmiotu nadającego stopień, roku ich uzyskania oraz tytułu rozprawy doktorskiej.

2015 stopień doktora w dziedzinie nauk technicznych w dyscyplinie geodezja i kartografia, specjalność fotogrametria; uzyskany na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej; rozprawa doktorska pt. *„Rola redukcji ilościowej danych wysokościowych pozyskanych z lotniczego skaningu laserowego w procesie tworzenia map zagrożenia powodziowego”* obroniona z wyróżnieniem 8 lipca 2015 roku;

Promotor prof. dr hab. inż. Zdzisław Kurczyński

Recenzenci prof. dr hab. inż. Beata Hejmanowska
 prof. dr hab. inż. Andrzej Borkowski

2010 tytuł zawodowy magistra inżyniera w dyscyplinie geodezja i kartografia, specjalność fotogrametria i teledetekcja, uzyskany na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej; praca magisterska pt. *„Porównanie kształtu obiektu uzyskanego z obrazów cyfrowych i skaningu laserowego”* obroniona 7 lipca 2010 roku;

Promotor prof. dr hab. inż. Aleksandra Bujakiewicz

Recenzent dr inż. Ryszard Preuss

3. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych lub artystycznych.

2015 - adiunkt w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej;

2010-2015 asystent w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej;

2009-2010 asystent-stażysta w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej

4. Omówienie osiągnięć, o których mowa w 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.). Omówienie to winno dotyczyć merytorycznego ujęcia przedmiotowych osiągnięć, jak i w sposób precyzyjny określać indywidualny wkład w ich powstanie, w przypadku, gdy dane osiągnięcie jest dziełem współautorskim, z uwzględnieniem możliwości wskazywania dorobku z okresu całej kariery zawodowej.

4.1. Tytuł osiągnięcia naukowego

Osiągnięciem naukowym, wynikającym z art. 219 ust. 1 pkt. 2 b ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce jest jednotematyczny cykl publikacji naukowych zatytułowany **„Rozwój i ocena dokładności technologii skanowania laserowego z bezzałogowych statków latających w tworzeniu precyzyjnych numerycznych modeli wysokościowych na przykładzie wałów przeciwpowodziowych”**.

W zakresie wymienionego osiągnięcia naukowego w cykl publikacji wchodzi następujące publikacje stanowiące recenzowane publikacje z listy Ministerstwa Edukacji i Nauki oraz recenzowany materiał konferencyjny, prezentowany podczas Kongresu Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji, indeksowany w bazie Web of Science. Są to następujące pozycje, dla których z racji diametralnie różniących się zasad punktacji czasopism i materiałów konferencyjnych podano punktację obowiązującą na dany rok oraz dla celów porównawczych punktację bieżącą wg. Komunikatu Ministra Edukacji i Nauki z dnia 17 lipca 2023 r. w sprawie wykazu czasopism naukowych i recenzowanych materiałów z konferencji międzynarodowych:

- A1) **Bakuła K.**, Ostrowski W., Szender M., Plutecki W., Salach A., Górski K., 2016. Possibilities of using LiDAR and photogrammetric data obtained with unmanned aerial system for levees monitoring. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B1, 773-780, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-773-2016; ISSN 1682-1750.

MEiN (2016): 15 pkt

lb. cytowań: 19 (Scopus), 6 (WoS), 21 (Google Scholar)

wkład 25%

- A2) **Bakula, K.**, Salach, A., Zelaya Wziętek, D., Ostrowski, W., Górski K., Kurczyński Z., 2017. Evaluation of the accuracy of LiDAR data acquired using a UAS for levee monitoring: preliminary results. *International Journal of Remote Sensing*, 38(8-10), 2921-2937, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2016.1277044>, ISSN: 0143-1161.

IF (2017): 2,003

MEiN (2023): 70 pkt, MEiN (2017): 30 pkt

lb. cytowań: 24 (Scopus), 15 (WoS), 29 (GoogleScholar)

wkład 25%

- A3) Salach A., **Bakula K.**, Pilarska M., Ostrowski W., Górski K., Kurczyński Z., 2018. Accuracy assessment of point clouds from LiDAR and dense image matching acquired using the UAV platform for DTM creation. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 7, 342; doi:10.3390/ijgi7090342, ISSN: 2220-9964.

IF(2018): 2.022

MEiN (2023): 100 pkt, MEiN (2018): 15 pkt

lb. cytowań: 74 (Scopus), 70 (WoS), 97 (GoogleScholar)

wkład 25%

- A4) **Bakula K.**, Pilarska M., Salach, A., Kurczyński Z. 2020. Detection of Levee Damage Based on UAS Data—Optical Imagery and LiDAR Point Clouds, *ISPRS International Journal of Geo-Information* 9 (4), 248, <https://doi.org/10.3390/ijgi9040248>, ISSN 2220-9964.

IF(2020): 2.971

MEiN (2023): 100 pkt, MEiN (2020): 70 pkt

lb. cytowań: 8 (Scopus), 8 (WoS), 11 (GoogleScholar)

wkład 40%

- A5) **Bakula K.** 2023, Dokładność numerycznych modeli wysokościowych powstałych z danych z bezzałogowego skanowania laserowego w dobie rozwoju technologii ULS. *Przegląd Geodezyjny*, 9/2023, 9-15, DOI: 10.15199/50.2023.09.

MEiN (2023): 70 pkt

4.2. Wprowadzenie omawiające cel naukowy i osiągnięte wyniki

Wymieniony powyżej cykl publikacji naukowych obejmuje przedstawienie mojego wkładu w badania realizowane w tematyce rozwoju i oceny dokładności technologii skanowania laserowego z bezzałogowych statków latających w tworzeniu precyzyjnych numerycznych modeli wysokościowych. Prace te realizowane były głównie na obszarach wałów przeciwpowodziowych jako trudnych obiektach reprezentujących duże deniwelacje terenu, dla których dane pozyskiwane są w nalotach korytarzowych.

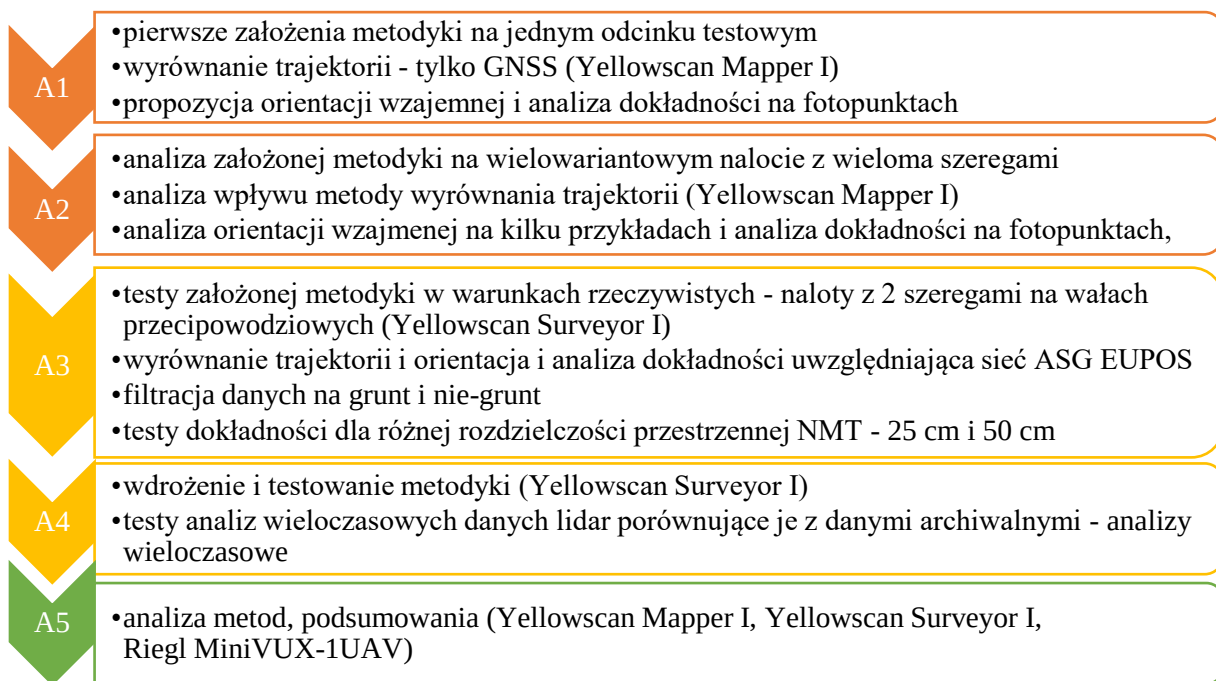
Technologia bezzałogowego skanowania laserowego wykorzystująca bezzałogowe statki latające dostarcza chmur punktów, które przetwarzane są do postaci numerycznych modeli wysokościowych. Ich jakość w dokładnej technice pomiaru lidar daje szansę pozyskać produkt o znacząco lepszej dokładności i szczegółowości przy uwzględnieniu odpowiedniego przetwarzania danych. W tytule cyklu pojawia się również słowo „precyzja”, które często traktowane jest jako synonim dokładności. W geodezji jednak za precyzję przyjęło się uznawać powtarzalność pomiaru danego obiektu, a także rząd wykazywania rozwinięcia dziesiętnego danej wartości liczbowej czy współrzędnej. W przypadku numerycznego modelu wysokościowego, precyzja dotyczy zarówno jego dokładności w określonym układzie odniesienia względem danych referencyjnych pozyskanych bardziej dokładną i wiarygodną technologią, ale również szczegółowości modelu wynikającej z możliwości stworzenia modelu o większej rozdzielczości przestrzennej, na podstawie gęstszych danych źródłowych.

Przedłożony cykl publikacji naukowych uwzględnia dwa zagadnienia naukowe stanowiące osiągnięcie związane z technologią bezzałogowego skanowania laserowego omówione poniżej.

- **Rozwijanie metodyki pozyskania i orientacji danych z bezzałogowego skanowania laserowego w tworzeniu i stosowaniu numerycznych modeli wysokościowych**

Pięć przedłożonych publikacji prezentuje ciąg merytoryczny związany z badaniami przemysłowymi polegającymi na realizacji eksperymentów obejmujących powstanie metodyki pozyskania i orientacji danych z bezzałogowego statku latającego. W publikacji [A1](#) zaproponowałem, wraz z zespołem, jak pozyskiwać i przetwarzać dane z bezzałogowego skanowania laserowego dla sensora, który nie ma możliwości wyrównania elementów kątowych trajektorii. Fakt ten sprawił, że metodyka musiała zostać rozbudowana o post-processing danych GNSS, orientację wzajemną skanów i georeferencję bloku w oparciu

o płaszczyzny sygnalizowane w terenie. Publikacja [A2](#) weryfikuje w bardziej rozbudowanych analizach założenia metodyki z [A1](#), udowadniając jej słuszność. Publikacja [A3](#) w ramach prac rozwojowych ukazuje modyfikację metodyki przetwarzania w związku ze zmianą sensora w badaniu. Temat tego etapu metodyki obejmuje także analizę doboru parametru wynikowego numerycznego modelu terenu (NMT) z danych o dużej gęstości. W publikacji [A4](#), wcześniejsza metodyka została także zastosowana, ale częścią osiągnięcia jest tu weryfikacja wizualna tworzonych modeli oraz ich wykorzystanie w wieloczasowym porównaniu z innym archiwalnym modelem terenu w celu inwentaryzacji wału przeciwpowodziowego, który opisany został za pomocą NMT. Artykuł [A5](#) to podsumowanie wielu lat pracy z danymi ze skanowania laserowego, opisanie i ocena rozwoju metodyki przetwarzania danych. Schemat powiązania publikacji w cyklu w zakresie tego osiągnięcia przedstawiony został na rysunku 1.



Rysunek 1. Schemat powiązań poszczególnych pozycji cyklu w zakresie osiągnięcia związanego z opracowaniem metodyki pozyskiwania, przetwarzania i zastosowania danych ULS w tworzeniu precyzyjnych numerycznych modeli wysokościowym

Opracowywane metodyki pozyskania i przetwarzania danych były opracowywane w odpowiedzi na potrzeby poprawnego zorientowania danych lidar i uzyskania dokładności wymaganych dla obiektów infrastruktury krytycznej. Jej zmiana i modyfikacja wraz ze zmianą sensora, platformy wynikała z dynamicznego rozwoju technologii bezzałogowego skanowania laserowego. Była ona jednak podstawą do otrzymania pełnowartościowego produktu końcowego skanowania, jakim był numeryczny model terenu.

- **Analizy dokładności numerycznych modeli wysokościowych bazujące na wybranych zbiorach danych referencyjnych**

W czterech z pięciu przedłożonych publikacji tematem jest precyzja numerycznych modeli wysokościowych rozumiana głównie jako dokładność względem danych referencyjnych w przyjętym układzie odniesienia, ale i szczegółowość wynikająca z gęstości danych uwzględniająca mały stopień zaszumienia. Analizy dokładności, omawiane w niniejszych artykułach, bazowały na podejściu statystycznym uwzględniającym parametry rekomendowane przez Profesora Z. Kurczyńskiego¹ obliczone według następujących wzorów: średnia różnicy wysokości $\overline{\Delta h}$ (wzór 3.2.) (określane również w przedłożonych publikacjach jako MEAN), odchylenie standardowe σ dla różnicy wysokości (wzór 3.3.) (określane jako STD) oraz błąd średni wysokościowy RMS (ang. Root Mean Square) (wzór 3.4.). Wartości te liczone były w odniesieniu do technik, które reprezentują dokładność co najmniej takiego rzędu jak ULS. Błąd średni dostarczał informacji o całościowej dokładności produktu, a także pośrednio o prawdopodobieństwie i wartości błędu granicznego. Wartość średnia dostarczała informacji o systematycznym błędzie, którym może być obciążony analizowany model, a samo odchylenie standardowe o rozrzucie wartości różnic świadczącym o błędach przypadkowym spowodowanych różnymi czynnikami, ale także szumem samej chmury punktów.

$$\overline{\Delta h} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta h_i}{n} \quad (3.2)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\Delta h_i - \overline{\Delta h})^2}{n-1}} \quad (3.3)$$

$$RMS = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta h_i^2}{n}} \quad (3.4)$$

gdzie:

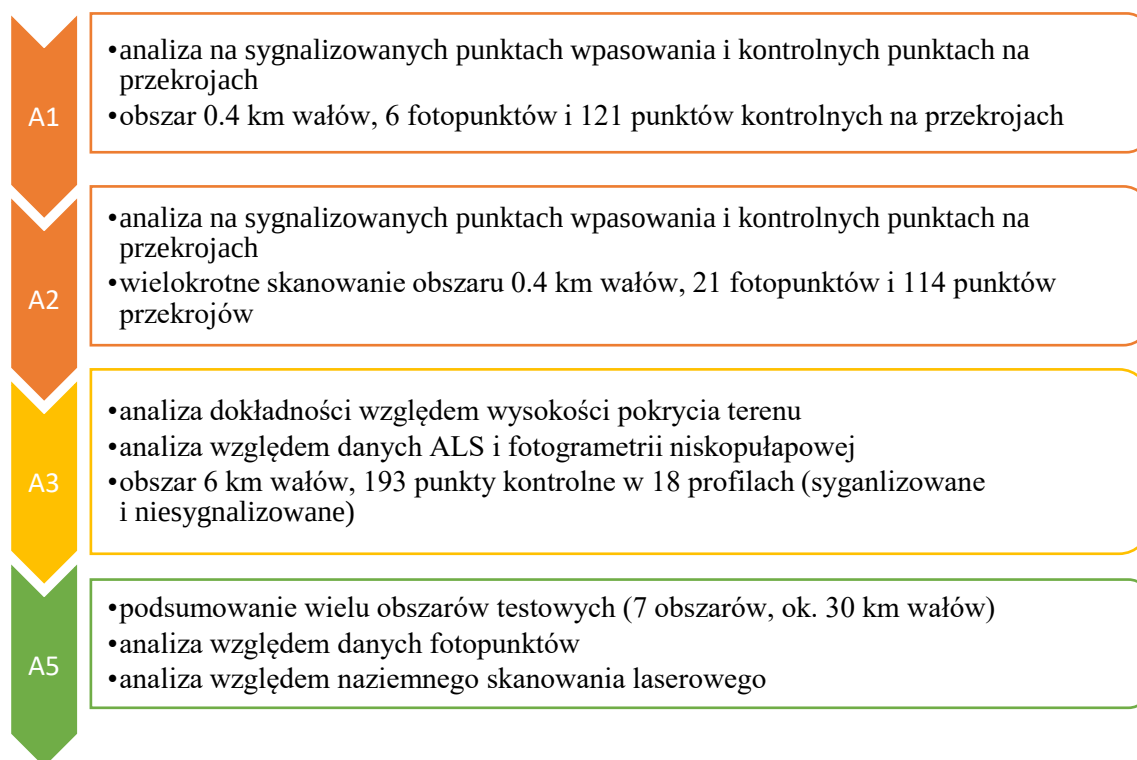
Δh – różnica wysokości danego punktu względem danych referencyjnych,

n – liczba punktów w analizie dokładności.

W analizach, które wykonywano zawsze danymi referencyjnymi były punkty pomiarowe mierzone techniką GNSS-RTK. Czasami były to punkty sygnalizowane płachtami (1 x 1 m lub 0,5 x 0,5 m z widoczną szachownicą, by integrować dane z wykonywanymi zdjęciami fotogrametrycznymi, lokalizowane na koronie wału i po obu jego stronach), a czasem zwykłe pikiety terenowe mierzone metodą punktów rozproszonych lub w przekrojach. W publikacji

¹ Kurczyński, Z., 2008. Metodyka oceny dokładności i skalania wieloźródłowych numerycznych modeli teren. Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 18, 343-353.

[A1](#) analizowana dokładność dotyczyła wykorzystania punktów kontrolnych w ocenie NMT. W [A2](#), z racji obszerniejszego zbioru danych, wykonano analizy na większej liczbie przykładów. Poszerzono ją jednak o rozróżnienie kontroli utworzonego modelu z uwzględnieniem niewykorzystanych do transformacji punktów w postaci sygnalizowanych płaszczyzn, a także pikiet na przekrojach. Publikacja [A3](#) to analiza dokładności modeli o różnej rozdzielczości, ale w kwestii analizy jakości NMT podzielono punkty względem wysokości roślinności, co pozwoliło na oszacowanie wpływu pokrycia terenu na dokładność modelu NMT. W odróżnieniu od rezultatów uzyskanych dla modelu powstałego ze zdjęć fotogrametrii niskopułapowej, dla ULS nie zaobserwowałem spadku dokładności wraz z większą wysokością pokrycia terenu roślinnością zieloną. Dodatkowo w publikacji tej porównałem, wspólnie z zespołem, dane ULS do danych lotniczego skanowania laserowego (ALS), który jest techniką akceptowalną i powszechnie znaną w odróżnieniu od skanowania z użyciem małych platform bezzałogowych. Publikacja [A5](#) podsumowuje lata doświadczeń w przetwarzaniu i analizie dokładność NMT z ULS. W publikacji tej przytaczam i analizuję rezultaty badań, które poza analizą na punktach mierzonych w terenie uwzględniają także porównanie chmury punktów ULS do naziemnego skanowania laserowego - TLS (ang. *Terrestrial Laser Scanning*). Podsumowanie i następstwo w coraz bardziej zaawansowanych analizach dokładności modelu wysokościowego ilustruje schemat zaprezentowany na rysunku 2.



Rysunek 2. Schemat powiązań poszczególnych pozycji cyklu w zakresie osiągnięcia związanego z badaniem dokładności numerycznych modeli wysokościowym z danych ULS

4.3. Szczegółowe omówienie głównych osiągnięć

Bezzałogowe statki latające (BSL) jako platformy pomiarowe są powszechnym narzędziem stosowanym w szeregu dyscyplin nauk technicznych, nauk o Ziemi, jak i nauk humanistycznych. Ich rola jest również bardzo istotna w inżynierii lądowej, geodezji i kartografii, transporcie i innych dziedzinach, w których dostarczenie informacji geoprzestrzennej jest ważne dla realizacji badań naukowych, prac wdrożeniowych, a także działalności komercyjnej. W większości przypadków BSL kojarzą się z platformami wykorzystującymi zdjęcia z powietrza dostarczającymi informacji do fotorealistycznej rekonstrukcji powierzchni terenu w postaci ortofotomapy / ortomozaiki czy numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT). W ostatnich latach jeden z największych rozwój technologii skanowania laserowego - lidar (ang. *light detection and ranging*), obserwujemy w przypadku skanerów laserowych montowanych na BSL, które dostarczać mogą bardzo precyzyjnych pomiarów. Dynamiczny przyrost rodzajów rozwiązań widoczny jest w licznych możliwościach użycia tych sensorów na lekkich platformach².

Podobnie jak fotogrametria niskiego pułapu (niskopułapowa), wydzieliła się poniekąd z klasycznej fotogrametrii lotniczej, tak z pewnością stwierdzić można, że w ostatnim czasie z lotniczego skanowania laserowego, wydzieliło się skanowanie laserowe z pułapu bezzałogowego statku latającego (ULS – ang. *UAV Laser Scanning*), określane niekiedy krócej jako bezzałogowe skanowanie laserowe (ULS – ang. *Unmanned Laser Scanning*). Technologia ta jako wynik dostarcza chmury punktów dające informacje trójwymiarową, która może być klasycznie przetwarzana do numerycznych modeli wysokościowych: numerycznego modelu terenu (NMT) i numerycznego modelu pokrycia terenu (NMPT), a dla terenów leśnych - numerycznego modelu koron drzew (CHM – ang. *Canopy Height Model*). Wykorzystywana może być również do inwentaryzacji różnorodnych obiektów inżynierskich tak jak naziemne skanowanie laserowe. Lidar bowiem, w odróżnieniu do fotogrametrii, jest techniką aktywną

² Petrie, G., 2013. Current developments in airborne laser scanners suitable for use on lightweight UAVs: Progress is being made! *GeoInformatics*, 16(8), 16–22.

Starek, M., Jung, J., 2015. Lidar's Next Geospatial Frontier. *GIM International*, UAS Special, 25–27.

Pilarska, M., Ostrowski, W., Bakula, K., Górski, K., Kurczyński, Z., 2016: The potential of light laser scanners developed for unmanned aerial vehicles—the review and accuracy. *The International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W2, 87-95. doi:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W2-87-20.

i dostarcza informacji z możliwością odfiltrowania danych pochodzących z odbić od roślinności.

Idee pierwszych rozwiązań lidar na BSL powstawały w wielu ośrodkach naukowych. W ETH Zurich współpracującym z Aeroscout powstał w latach 2006-2010 ALMI (*Airborne Laser Scanning and Monitoring Integration*). W zbliżonym okresie eksperymentalne platformy powstawały w wielu innych ośrodkach w celu kartowania 3D dla monitoringu rzek, osuwisk czy inwentaryzacji drzewostanów³. W 2012 roku pojawił się pierwszy komercyjny system skanowania. Amerykańska firma Phoenix wraz z firmą Velodyne, producentem jednostek skanujących doprowadziła do powstania skanera Phoenix AL2. Późniejszy rozwój jednostek skanujących integrowanych z systemami inercjalnymi doprowadził do powstania wielu komercyjnych rozwiązań. Kolejne przełomowe rozwiązania obniżały koszty drogiej na początku technologii, a zespoły naukowe udawadniały możliwości pionierskiej technologii i testowały ją w różnorodnych zastosowaniach.

Przedłożone osiągnięcie habilitacyjne to wyselekcjonowany spośród kilkunastu publikacji naukowych i doniesień konferencyjnych wkład w rozwój dyscypliny związany z wdrażaniem, testowaniem i popularyzowaniem technologii bezzałogowego skanowania laserowego. Publikacje [A1-A5](#) to układające się w chronologiczny ciąg opisów badań naukowych jednego z pierwszych zespołów w Polsce i w Europie nad rozwojem technologii skanowania laserowego z platform BSL, w których byłem czołowym wykonawcą i nadzorującym prace zespołu badawczego rozwijanego od 2016 roku.

Problematyka tworzenia metodyki przetwarzania ULS nie była sprawą prostą. Technologia lotniczego skanowania laserowego (ALS – ang. *Airborne Laser Scanning*) w rozwiązaniach załogowych na samolotach i helikopterach załogowych wykorzystywała drogie i ciężkie elementy systemu skanowania: jednostki skanujące, inercyjne systemy skanowania, dokładne nadajniki sieci globalnego systemu nawigacji satelitarnej (GNSS) i komputera pokładowego. Pierwsze ULS wyposażone były w zminiaturyzowane jednostki skanujące, jednoczęstotliwościowe odbiorniki GPS, małej dokładności i wrażliwe na brak zmian kąta położenia jednostki INS i brak komputerów pokładowych. Rozwiązania te zmuszały

³ Nagai, M., Chen, T., Shibasaki, R., Kumagai, H. and Ahmed, A., 2009. UAV-borne 3-D mapping system by multisensor integration. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 47(3), 701-708.

Jaakkola, A., Hyypä, J., Kukko, A., Yu, X., Kaartinen, H., Lehtomäki, M. Lin, Y., 2010. A low-cost multi-sensoral mobile mapping system and its feasibility for tree measurements. *ISPRS journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(6), 514-522.

Lin, Y., Hyypä, J. and Jaakkola, A., 2010. Mini-UAV-borne LIDAR for fine-scale mapping. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, 8(3), 426-430.

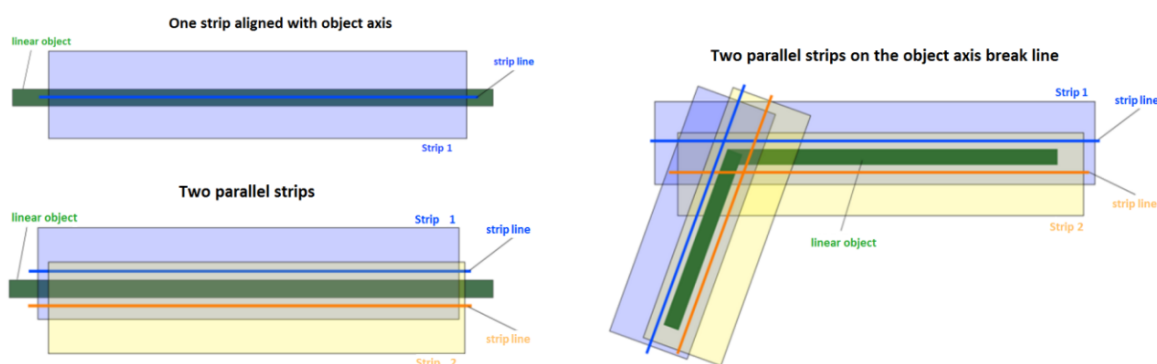
poniekąd do tworzenia rozwiązań wynikających z tych braków w postaci tworzenia metodyk odpowiedniego pozyskania i przetworzenia danych, by otrzymać produkt o wymaganych dokładnościach i odpowiedniej jakości.

W ciągu 8 lat pracy nad technologią ULS rozwiązać musiałem szereg zagadnień metodycznych wynikających z gęstości danych będących o rząd większą (dziesiątki, a wraz z rozwojem technologii, setki punktów na metr kwadratowy), co wpływało istotnie na szczegółowość danych, ale równocześnie skutkowało problemem ewentualnego zaszumienia danych w przypadku ich mniejszej dokładności, a także problemem nadliczbowości danych w przypadku potrzeby przetworzenia pozyskanych danych do produktu zgeneralizowanego. W danych z ULS problemem była także filtracja i klasyfikacja chmury punktów. W metodyce przetwarzania istotny był również dobór podstawowych parametrów numerycznych modeli wysokościowych, takich jak chociażby rozdzielczość przestrzenna (wielkość oczka) numerycznego modelu terenu, by odpowiednio przetworzyć zbiory danych i nie zmarnować ich potencjału dokładnościowego. Dużym wyzwaniem badawczym były też różnorodność i zmienność rodzajów skanerów, które były zróżnicowane co do konstrukcji i dość szybko zmieniały się w zakresie swojej dostępności.

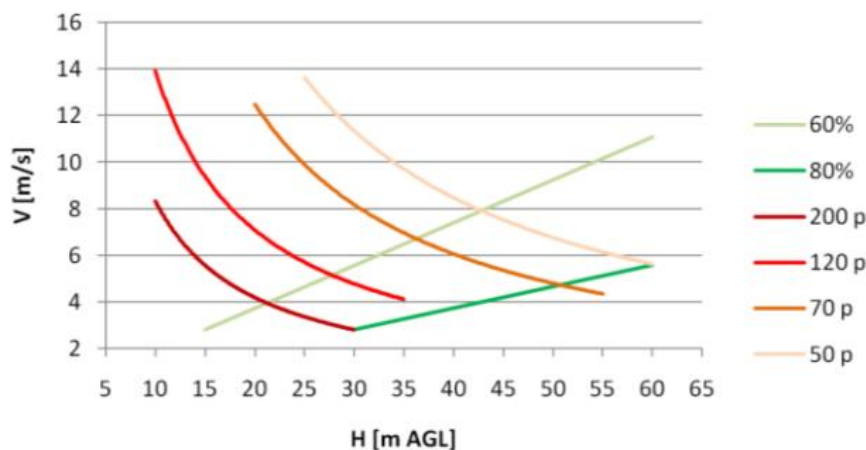
Pierwszym artykułem z cyklu, przedłożonego jako osiągnięcie do uzyskania stopnia doktora habilitowanego, jest recenzowany materiał konferencyjny, indeksowany w bazie Web of Science prezentowany na światowym Kongresie Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji [A1]. Osiągnięcia w nim zawarte związane były z realizowanym wdrożeniem wskazanym w Załączniku 4 w pozycji III.1.2, które dotyczyło bezzałogowego systemu lotniczego wyposażonego w skaner laserowy i kamerę cyfrową w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej Państwowym Instytucie Badawczym. We wdrożeniu tym zrealizowanym przy udziale ówczesnej firmy Marcin Szender Polska, która system dostarczyła, byłem odpowiedzialny za metodykę przetwarzania danych oraz ekspertyzę oceniającą dokładność sprzętu dla celów monitoringu konstrukcji inżynierskich. Publikacja ta jest m.in. wynikiem raportu wykonanego przy okazji tego wdrożenia. Warto nadmienić, że było to jedno z pierwszych wdrożeń bezzałogowego skanowania laserowego w Polsce, które znalazło swoją kontynuację w pozyskaniu funduszy i realizacji pięcioletniego projektu SAFEDAM (pozycja II.6.20 w Załączniku 4).

W osiągnięciu tym [A1] powstały pierwsze założenia metodyki przetwarzania danych dla celów monitoringu wałów – założono, że w zależności od szerokości wału nalot będzie wykonywany z użyciem pojedynczego szeregu skanowania lub dwóch szeregów wzajemnie się

pokrywających. Rysunek 3 ukazuje rozpatrywane w nalotach podejścia. Ostateczne testy wykonano przy inicjalnym założeniu pokrycia pomiędzy szeregami wynoszącego 75%. W związku z integracją danych ULS z kamerą cyfrową rozważano także parametry pokrycia poprzecznego. Rysunek 4 ukazuje rozważane zależności pomiędzy planowaną gęstością chmury ULS a pokryciem poprzecznym gwarantującym możliwość wykonania aerotriangulacji zdjęć. Relacja ta na wykresie pokazana jest w funkcjach zależnych od wysokości pozyskiwania danych nad poziomem gruntu oraz prędkości poruszania się platformy. Ostatecznie wybrano wysokość 30 m i prędkość 5 m/s. Wysokość ta była również minimalną, w której zadziałać mógłby spadochron ratunkowy dla platformy.



Rysunek 3. Metodyka wykonywania nalotów ULS dla obiektów liniowych z uwzględnieniem ich zakrętu oraz możliwości stosowania nalotów z dwoma szeregami [A1]

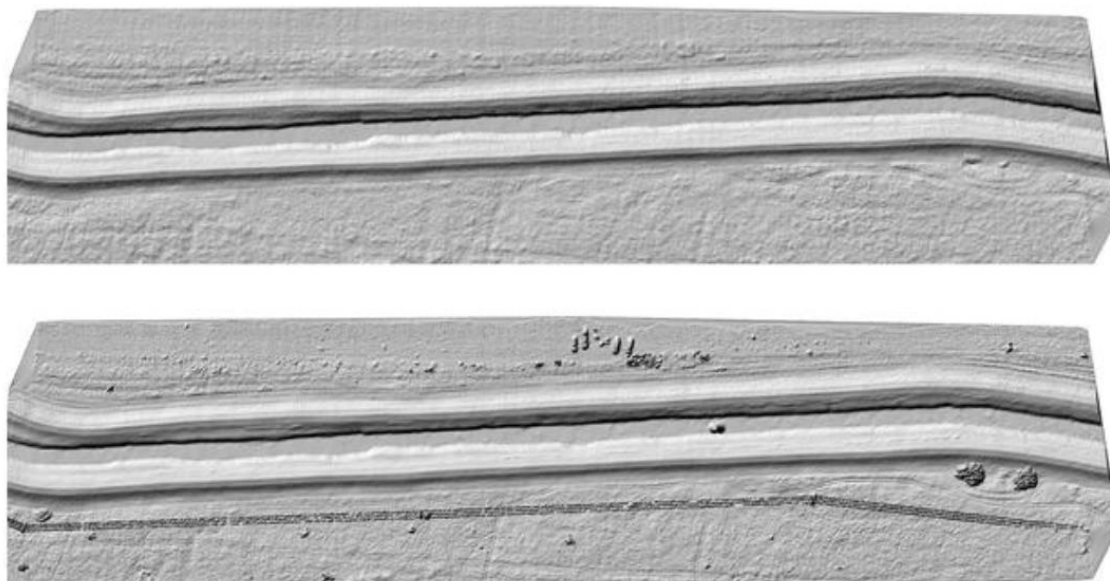


Rysunek 4. Wykres prezentujący zależności planowanej gęstości chmury punktów ULS skanera Yellowscan Mapper I i pokrycia poprzecznego kamery Sony alfa 6000 w funkcji prędkości i wysokości platformy pomiarowej [A1].

W metodyce przetwarzania danych skaner Yellowscan Mapper nie miał możliwości przetwarzania pełnej informacji o trajektorii lotu. Pozyskane elementy mogły być wyrównane za pomocą metody PPP (ang. *Precise Point Positioning*), lecz elementy kątowe trajektorii nie

mogły być edytowane w post-processingu. Ograniczało to bardzo możliwości przetwarzania danych i prowadziło do starań, by dane w terenie zostały odpowiednio zebrane przy właściwej inicjalizacji odbiornika INS poprzez dynamiczne poruszanie platformą (rekomendowana figura w kształcie ósemki) przed docelowym, odcinkowym zbieraniem danych.

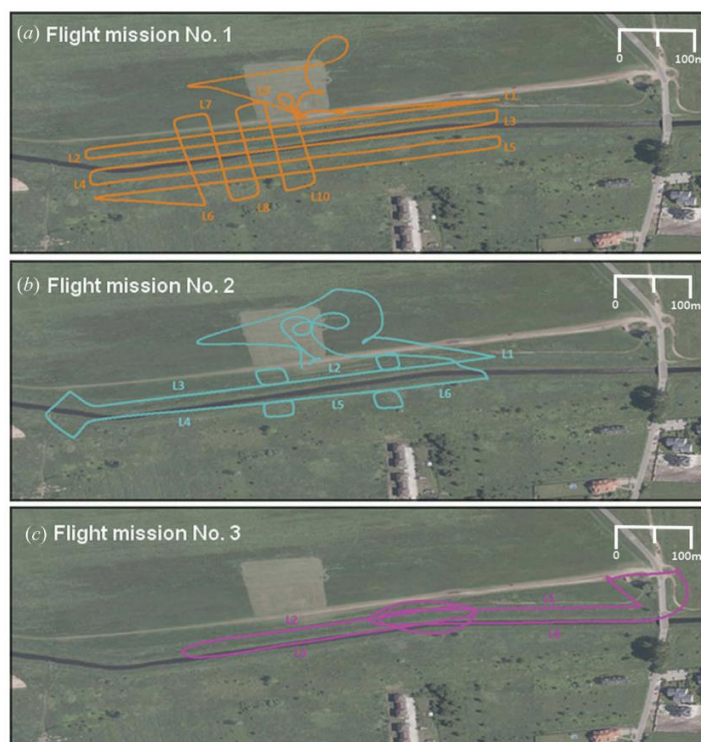
Ważnym elementem metodyki opisanej w tej publikacji było rozwiązanie problemu orientacji wzajemnej szeregów. Zaproponowałem tu wraz z zespołem 4 metody wpasowania w siebie szeregów algorytmem ICP (ang. *Iterative Closest Point*), poszukując odpowiedzi na pytanie, czy zdefiniowane procentowe pokrycie (podejścia określone jako *predefined-overlap-based*) wystarczy, by zastosować algorytm ICP do wpasowania chmury, czy należy jednak parametry takiej transformacji opierać o rzeczywisty zasięg chmur punktów (podejścia określone jako *footprints-intersection-based*). Analizowano również, czy pokrycie terenu w postaci elementów wystających ponad poziom gruntu wpływa na algorytm ICP (podejścia określone jako *all points*) czy wystarczy szukać parametrów transformacji, wpasowując w siebie punkty wyłącznie klasy grunt (*ground*). W rezultacie najlepszy wynik uzyskano dla podejścia analizującego realne pokrycia wspólne 2 chmur oraz wyznaczenie transformacji w oparciu o całą chmurę punktów. Zorientowane względem siebie szeregi ostatecznie transformowane były do układu odniesienia transformacją 6-parametrową celem całościowej korekty po etapie wyrównania metodą PPP trajektorii i orientacji wzajemnej szeregów poprzez zastosowanie algorytmu ICP. Końcowy wynik pierwszego opracowania danych BSL do produktu NMT i NMPT ukazano na rysunku 5.



Rysunek 5. Numeryczny model terenu i numeryczny model pokrycia powstałe z danych ULS [[A1](#)]

W publikacji tej jako pierwszy autor odpowiedzialny byłem za całość jej treści, nadzór nad badaniami. Byłem głównym współautorem koncepcji orientacji wzajemnej skanów i całościowej metodyki orientacji ULS, a także zbierałem dane pomiarowe referencyjne w terenie.

Artykuł [A2](#) jest znaczącym rozbudowaniem testów metodyki przedstawionej w publikacji [A1](#). W prezentowanych badaniach przeprowadzono kilka misji lotniczych (rysunek 6), które dostarczyły danych pozwalających na analizę metod post-processingu danych trajektorii (tylko GNSS), wpływu pokrycia pomiędzy szeregami na wynik orientacji wzajemnej wyrównania pomiędzy szeregami oraz analizę dokładności opartą na punktach mierzonych GNSS-RTK w terenie.



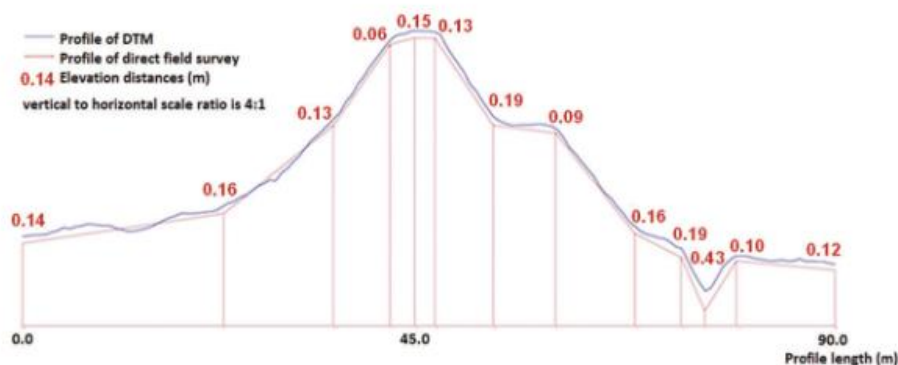
Rysunek 6. Misje lotnicze związane z pozyskaniem danych ULS w eksperymentach w pracy [\[A2\]](#)

Analizując przetwarzanie danych GNSS w zakresie wyrównania trajektorii (tylko GNSS z racji braku możliwość eksportu elementów kontowych trajektorii w systemie Yellowscan Mapper) dowiodłem wraz z zespołem pomiarowym, iż zastosowanie post-processingu metodą PPP podnosi ok. dwukrotnie dokładność wzajemnego wyrównania szeregów. Dowiedliśmy również, że wybrana w publikacji [A1](#) metoda orientacji wzajemnej skanów, tym razem analizowana na 3 przykładach, również podniosła ok. dwukrotnie dokładność orientacji.

Analizując wpływ pokrycia pomiędzy skanami wyraźnie zauważono, iż pokrycia rzędu poniżej 60% dają niepoprawne wyniki wyrównania, stąd rekomendacja wykonywania nalołów zawsze z dużym pokryciem pomiędzy szeregami.

Ostatnią część analiz tej publikacji stanowiło porównanie rezultatów uzyskanych po przetworzeniu danych dla trzech misji metodą związaną z post-processingiem danych trajektorii, orientacją wzajemną szeregów oraz transformacją 6-parametrową. Wynik tej analizy sprawdzany był na niezależnych punktach sygnalizowanych za pomocą płacht eliminujących wpływ pokrycia terenu oraz standardowych pikietach mierzonych w przekrojach poprzecznych. Obserwowany wynik był nieco lepszy dla punktów sygnalizowanych (bez wpływu roślinności trawiastej) niż dla punktów kontrolnych w przekrojach. Uzyskana dokładność dochodziła w niektórych przypadkach do 10 cm. Otrzymane wyniki porównane zostały w wizualizacji z typowym przekrojem poprzecznym wału przeciwpowodziowego z pokazaniem różnic wysokości (rysunek 7).

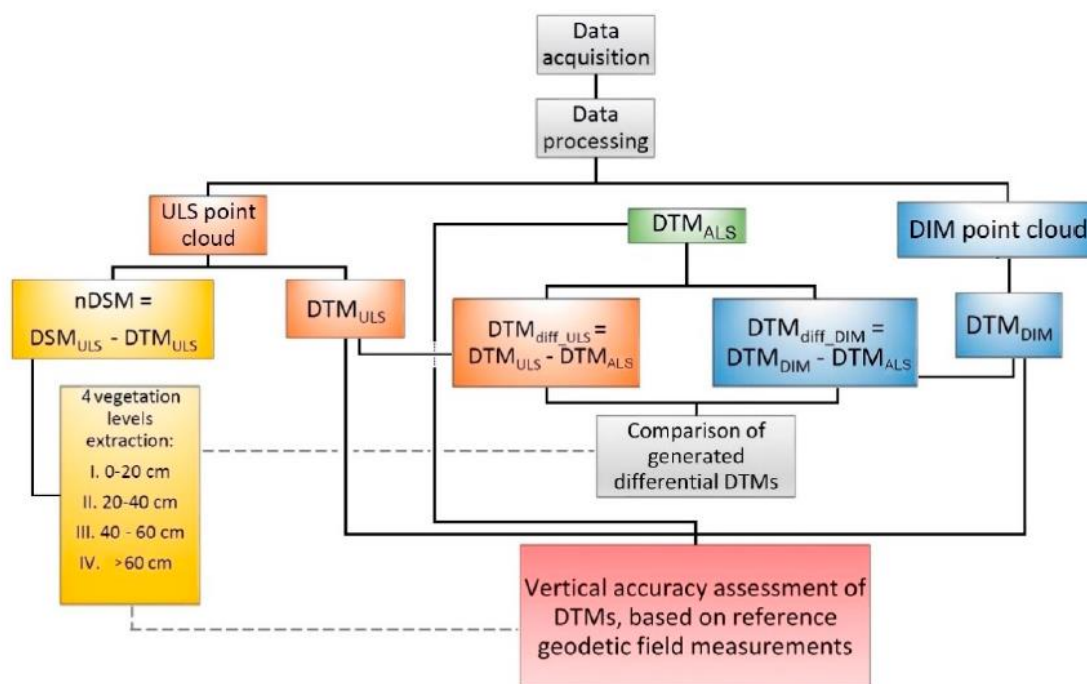
W osiągnięciu tym, podobnie jak poprzednio nadzorowałem całość eksperymentów, planując założone analizy. Jako pierwszy autor odpowiedzialny byłem za całość jej treści, współtworząc ją, byłem głównym autorem koncepcji orientacji skanów, współautorem planów nalołu, by zrealizować założone testy. Zbierałem także dane pomiarowe referencyjne w terenie.



Rysunek 7. Porównanie profili wału powodziowego uzyskanych z NMT z danych ULS i bezpośredniego pomiaru geodezyjnego (GNSS RTK) [A2]

Trzecia publikacja [A3] w cyklu dotyczy oceny dokładności chmur punktów z danych lidar i dopasowania obrazów pozyskanych z platformy BSL w celu tworzenia numerycznego modelu terenu. W kontekście niniejszego osiągnięcia habilitacyjnego ważna jest część związana z danymi lidar, ale poprzez wzajemną ocenę, opisane i przetwarzane dane fotogrametryczne w dobry sposób ukazują alternatywę i tło w przeprowadzanych analizach.

W badaniach pozyskano dane lidar, które wraz z przetworzonymi do chmury punktów danymi fotogrametrii niskopułapowej analizowano według schematu zawartego na rysunku 8.



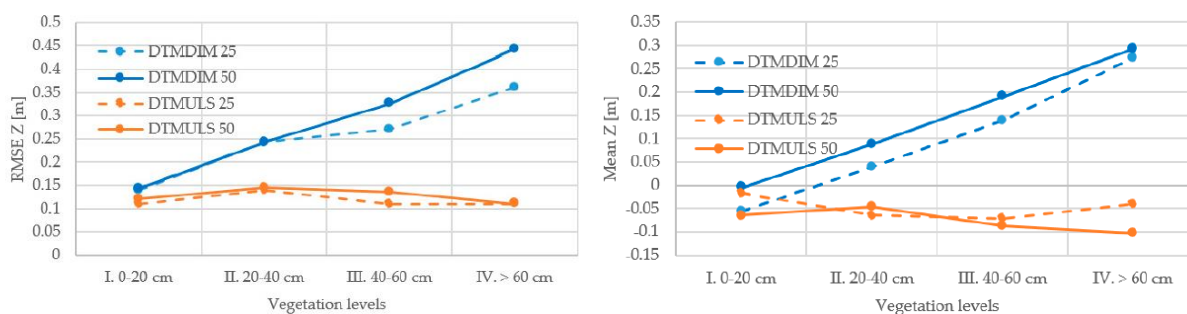
Rysunek 8. Metodyka analizy dokładności danych pozyskanych z BSL w badaniach w publikacji [A3](#)

Badania te można podzielić na analizę dokładności NMT na podstawie punktów pomiarowych oraz na porównanie otrzymanych NMT względem ALS. Istotną zmianą względem osiągnięć [A1](#) i [A2](#), była tu modyfikacja metodyki związana ze zmianą sensora. Yellowscan Surveyor był dokładniejszym urządzeniem, które wyposażone było już w profesjonalną jednostkę pomiaru kątów IMU (ang. *Inertial Measurement Unit*) firmy Applanix. Metodyka przetwarzania w zakresie wyrównania trajektorii mogła przyjąć od tego momentu realizację bardziej profesjonalną polegającą na przetworzeniu zarówno elementów liniowych, jak i kątowych, poprawiając je z uwzględnieniem poprawek pochodzących z sieci ASG-EUPOS. Po takim wyrównaniu nadal jednak potrzebne było wzajemne wyrównanie szeregów i uwzględnienie płaszczyzn pomierzonych w terenie. Czynność tę można było wykonywać tak jak poprzednio poprzez uwzględnienie algorytmu ICP i transformację całego bloku, ale również w profesjonalnym oprogramowaniu, np. Terrasolid.

W badaniu tym testowano także dwie rozdzielczości wynikowego numerycznego modelu terenu zakładając, że dostarczane chmury punktów o gęstości 180 punktów na metr kwadratowy pozwalają rozważyć większą rozdzielczość wynikowego modelu terenu. Analizie poddano wielkość oczka NMT 0,5 m i 0,25 m. W wyniku eksperymentu zaobserwowano

nieznaczny spadek dokładności wraz ze zmniejszoną rozdzielczością przestrzenną modelu. Nie była to jednak wartość na tyle nieznaczająca, by rekomendować koniecznie tak dużą jak na NMT rozdzielczość przestrzenną modelu.

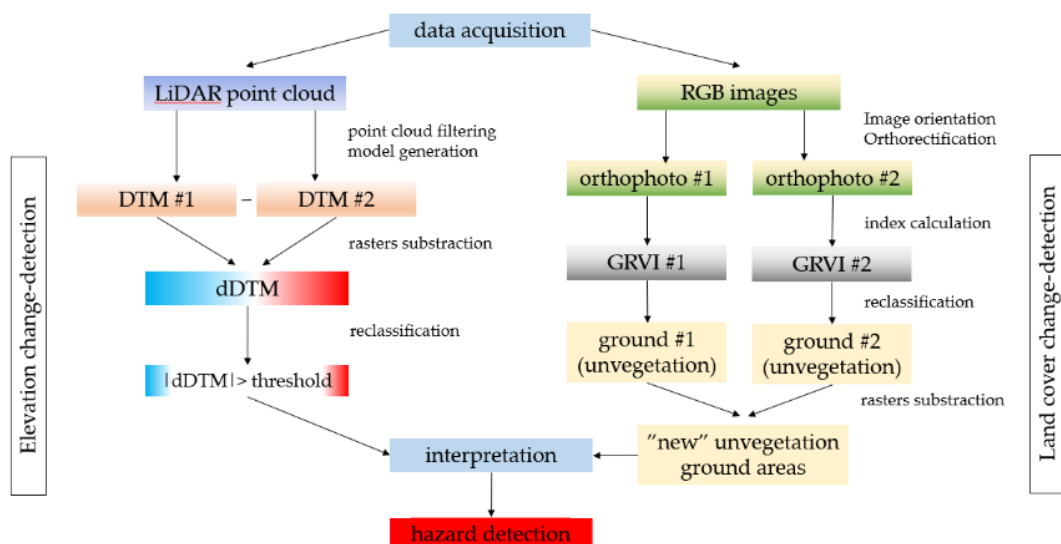
Analizowano także wpływ wysokości pokrycia terenu na dokładność modelu, dzieląc zestaw danych referencyjnych na grupy według wysokości pokrycia co 20 cm. W rezultacie, w odróżnieniu od fotogrametrii, nie zaobserwowano ani względem punktów pomierzonych w terenie ani danych ALS, by na modele terenu z ULS wysokość pokrycia w znaczący sposób wpływała. Spadek dokładności zanotowano jedynie dla pokrycia terenu powyżej 60 cm, ale tylko w odniesieniu do pomiaru GNSS. Prawdopodobnie dane ALS również miały problem z penetracją na tym obszarze. Rezultat eksperymentu dowiódł porównywalną z ALS dokładność, a także udowodnił możliwość dostarczenia danych wysokościowych gruntu dzięki penetracji wiązką gęstej roślinności (rysunek 9).



Rysunek 9. Porównanie jakości NMT z ULS i fotogrametrii niskopułapowej względem pomiarów terenowych GNSS (po lewej) oraz względem danych lotniczego skanowania laserowego [A3]

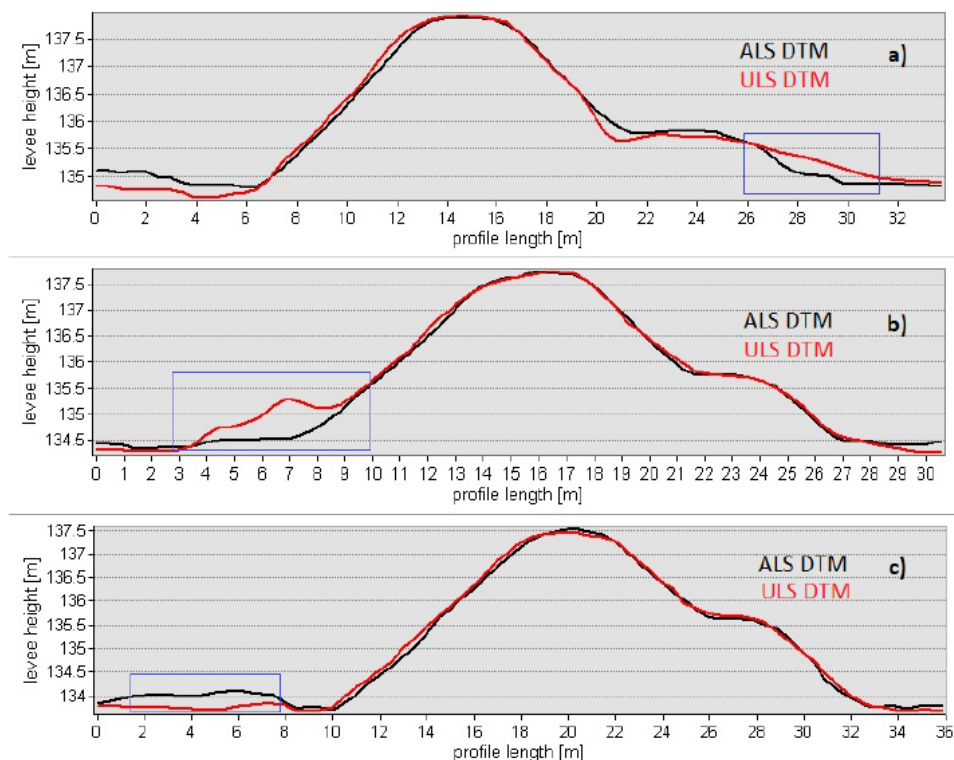
W publikacji tej byłem jednym z głównych autorów koncepcji całego eksperymentu, a głównym w zakresie danych ULS, analizowałem pomierzone przez członków mojego zespołu dane, wyciągając wnioski i tworząc treść publikacji.

W osiągnięciu [A4](#) przedstawiłem autorską metodykę detekcji uszkodzeń wałów przeciwpowodziowych z udziałem danych z bezzałogowych statków latających uwzględniającą przetwarzanie wieloczasowych danych ULS oraz wielospektralnych danych fotogrametrycznych (rysunek 10). Istotna dla niniejszego wniosku habilitacyjnego jest część związana z chmurami punktów lidar, za którą byłem odpowiedzialny w zakresie przetwarzania i analizy danych oraz opisanie całego eksperymentu jako pierwszy autor publikacji. Dane ULS w tym artykule, przetworzone zostały do numerycznego modelu terenu zgodnie z wcześniej publikowaną metodyką [[A1-A3](#)], który następnie wykorzystano w analizach wieloczasowych, dostarczając narzędzia do monitoringu wałów przeciwpowodziowych.



Rysunek 10. Metodyka detekcji obszarów zagrożenia wałów przeciwpowodziowych

Modele terenu z dwóch terminów porównywane były ze sobą poprzez prezentację przestrzennego rozkładu różnic wysokości w zadeklarowanej palecie barwnej uwzględniającej różnej wielkości progi dla detekcji zmian. Jakość modelu oceniona została wizualnie, ale - co istotne - precyzja modelu widoczna była nie tylko na modelach cieniowanych, ale także na przekrojach, na których widać było większą szczegółowość danych ULS w porównaniu z danymi typowego ALS (rysunek 11).



Rysunek 11. Profile ALS i ULS prezentujące trzy przykłady różnic NMT wykrytych na analizach wieloczasowym modeli z użyciem między innymi rozkładu przestrzennego różnic wysokości

Ostatnia publikacja przedłożonego cyklu to podsumowanie wielu lat pracy nad analizą dokładności numerycznego modelu terenu z bezzałogowego skanowania laserowego [A5]. Podsumowuje ona dekadę dynamicznego rozwoju technologii ULS, przytaczając najistotniejsze systemy skanowania pojawiające się na rynku wraz z ich specyfikacjami, różnicami i możliwościami, jakie niesie ta technologia w porównaniu z fotogrametrią niskopułapową opartą o bezzałogowe statki latające i wielkoobszarowym lotniczym skanowaniem laserowym. Zestawieniem pokazującym rozwój technologii jest wizualizacja parametrów wybranych, najistotniejszych moim zdaniem systemów skanowania względem roku pojawienia się sensora na rynku. Wizualizacja taka daje ogłód dynamicznego rozwoju technologii bezzałogowego skanowania laserowego (rysunek 12).



Rysunek 12. Zależności częstotliwości, zasięgu czy dokładności skanowania względem czasu udostępnienia modelu na rynku z wyszczególnieniem firm Riegl i Yellowscan (źródło: zestawienie własne).

W artykule A5 przytoczyłem prace, w których określano dokładność NMT z danych ULS uzyskiwanego w nalotach ukierunkowanych głównie na obiekty infrastruktury krytycznej o dużych deniwelacjach, jakimi są wały przeciwpowodziowe. Były to m.in. prace, które nie mogły znaleźć się w przedłożonym cyklu, gdyż nie znajdują się na liście MEiN. W badaniach udowodniono, iż pomimo istnienia wielu rozwiązań technologicznych na rynku, parametry kluczowe niegdyś dla tworzenia NMT, takie jak gęstość chmury punktów i rozdzielczość przestrzenna wynikowego NMT, mimo zauważonej korelacji, mają mniejszy wpływ na

kończącą dokładność NMT. W ukazanych przykładach, większość uzyskiwanych błędów średnich dokładności modelu NMT wynosiła poniżej 10 cm.

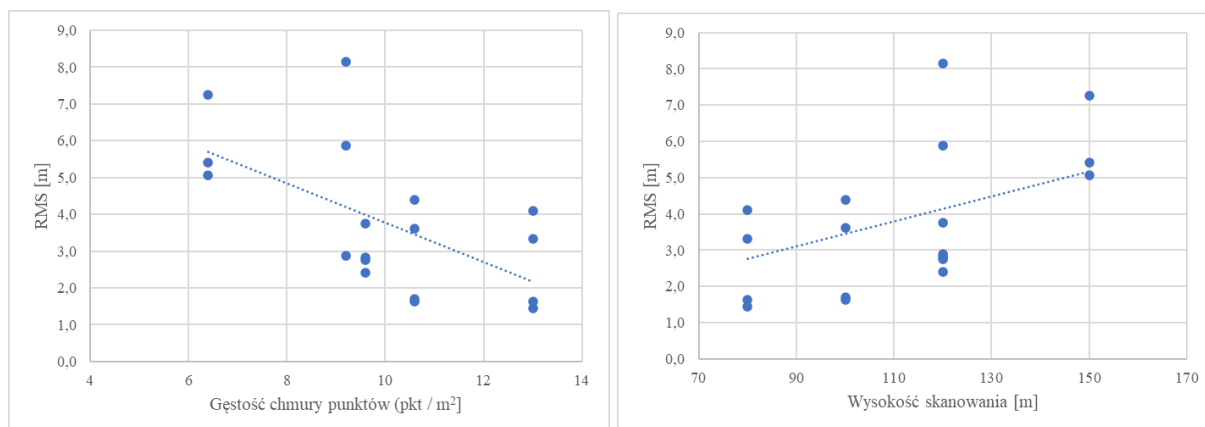
Rynek rozwiązań technologicznych dla skanowania ULS, tak jak w przypadku fotogrametrii niskopułapowej, jest znacznie bardziej bogaty w rozwiązania niż dla skanowania załogowego, a różnorodne systemy wielu producentów oraz możliwości zmian parametrów nalotu oraz większe możliwości realizacji szybkich pomiarów gwarantują dostosowanie się do wymagań realizowanych pomiarów, co będzie w przyszłości prowadzić do dalszego rozwoju tej technologii.

Analizowane w publikacji dane wysokościowe ULS pozyskane zostały różnymi skanerami z różnych platform bezzałogowych od 2016 do 2020 roku. W tekście odniesiono się do publikacji [A1](#) i [A2](#), ale także istotnych wyników z publikacji mojego autorstwa⁴, w których dokładność określana była na podstawie danych z pomiaru GNSS RTK, pomiaru naziemnym skanowaniem laserowym czy względem lotniczego skanowania laserowego. W badaniach tych brałem udział osobiście, w procesie przetwarzania danych, oraz byłem osobą analizującą wynik rezultatów prac całego zespołu, przygotowując publikację jako pierwszy autor.

W przedstawionych eksperymentach przeprowadzonych dla wysokości lotu od 50 do 180 metrów potwierdzono, że ULS może zapewnić NMT o dokładności w zakresie od 3 do 10 cm w zależności od rozdzielczości modelu i typu stosowanej platformy pomiarowej. W badaniach w niniejszej publikacji ważną kwestią była prezentacja analiz dokładności, w których chmura ULS o dużej gęstości porównywana była z danymi z naziemnego skanowania laserowego. Porównanie to zrealizowano na obszarze badawczym w Świnarach w okolicach Płocka. Na budynkach, ulicy i fragmentach wałów przeciwpowodziowych porównywano chmury punktów algorytmem ICP (ang. *Iterative Closest Point*). Wyniki statyk porównania chmur punktów zaprezentowano na rysunku 13. Ukazany został trend, pokazujący niewielki wzrost dokładności wraz ze wzrostem gęstości skanowania i zmniejszaniem wysokości pozyskiwania danych.

⁴ Bakula, K., Ostrowski, W., Pilarska, M., Szender, M., Kurczyński, Z., 2019. Evaluation and calibration of fixed-wing multisensor UAV mobile mapping system: improved results. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing & Spatial Information Sciences*, XLII-1, 189-195. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-189-2019>.

Bakula, K., Pilarska, M., Ostrowski, W., Nowicki, A., Kurczyński, Z., 2020. UAV LIDAR Data Processing: Influence of Flight Height on Geometric Accuracy, Radiometric Information and Parameter Setting in DTM Production. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 43, 21-26.



Rysunek 13. Wykresy zależności błędu średniego od gęstości chmury punktów oraz wysokości skanowania wraz z linią trendu.

4.4. Podsumowanie osiągnięć

Wykazane powyżej osiągnięcia w znaczący sposób ukazały przydatność analizowanej technologii w gospodarce. Rozwój sensorów i spadek ich ceny, a także opisywana metodyka przetworzenia i analizy dokładnościowe miały wpływ na rozwój i popularyzację wykorzystania bezzałogowego skanowania laserowego w kraju.

W cyklu publikacji wykazałem część mojej pracy badawczej związanej ze skanowaniem laserowym z pułapu bezzałogowych statków latających. Tematyką tą zajmuję się nieustannie od 2016 roku. Osiągnięciami blisko związanymi z cyklem są także inne przełomowe osiągnięcia. Pierwszym z nich było wdrożenie systemu skanowania laserowego w Instytucie Meteorologii i Gospodarki Wodnej PIB [Załącznik 4 pozycja III.1.2] ze skanerem Yellowscan Mapper i platformą wielowirnikowca Zawisak firmy MSP, które miało pionierski charakter w skali kraju. Bardzo ważnym dla tego cyklu był projekt SAFEDAM [Załącznik 4 pozycja II.6.7], w którym po raz pierwszy skaner przeznaczony zazwyczaj na wielowirnikowce, zamontowany został na płatowcu. Wraz zespołem nadzorowałem analizę pozyskanych z niego danych. To również dzięki rozwojowi metod pozyskiwania udało się przeprowadzić jeden z pierwszych na świecie bezzałogowy lot poza zasięgiem wzroku, w którym skaner miniVUX-1UAV umiejscowiony był na samolocie bezzałogowym i pozyskał dane lidar i wielospektralne. Nalot objął blisko 15 kilometrów terenu wzdłuż rzeki od Józefowa nad Wisłą do Annapola, a całość trajektorii lotu osiągnęła blisko 35 kilometrów (rysunek 14). Gęstość pozyskanej chmury punktów z pułapu 120 metrów wynosiła ok. 6 punktów na metr kwadratowy w pojedynczym pasie skanowania, a dokładność wynikowa numerycznych modeli terenu sięgnęła aż 4 cm, co zweryfikowano naziemnymi pomiarami GNSS. W późniejszych nalotach platforma

zbierała dane po dwóch stronach rzeki, zwiększając możliwości wydajnościowe systemu. Dane te omawiane były w publikacji [A5](#).



Rysunek 14. Trajektoria bezzałogowego statku powietrznego NEO wyposażonego w skaner ULS z dnia 17.03.2020 r. wzdłuż Wisły od Józefowa nad Wisłą do Annapola

Rozwój technologii ULS i jej popularyzacja sprawiły również, że prace nad skanowaniem laserowym w różnych dziedzinach są przeze mnie kontynuowane. Obecnie zakończyłem jeden projekt ze środków POIR wykorzystujący dane ULS w detekcji obiektów infrastruktury energetycznej z użyciem sieci neuronowych [Załącznik 4 pozycja III.6.5]. W kolejnych trzech projektach z funduszy POIR realizowanych z dwiema firmami wykorzystuję dane ULS w klasyfikacji i określeniu zasobności drzewostanów z użyciem fuzji danych ULS i danych zdjęć wielospektralnych [III.6.3], a także do inwentaryzacji fasad i dachów budynków oraz konstrukcji masztowych [III.6.1 i III.6.2]. Bez przedstawionych osiągnięć związanych z rozwojem metodyki przetwarzania danych ULS oraz licznych analiz dokładności danych lidar z bezzałogowego skanowania laserowego, kolejne prace w projektach o charakterze wdrożeniowym nie byłyby możliwe.

5. Informacja o wykazywaniu się istotną aktywnością naukową albo artystyczną realizowaną w więcej niż jednej uczelni, instytucji naukowej lub instytucji kultury, w szczególności zagranicznej.

W swojej działalności naukowej jestem osobą zaangażowaną we współpracę międzynarodową szczególnie w zakresie organizacji European Spatial Data Research (EuroSDR) gromadzącej przedstawicieli kilkudziesięciu uniwersytetów i jednostek mapujących. W EuroSDR reprezentuję polskie środowisko akademickie z zakresu geodezji i kartografii. Liczne aktywności związane z konferencjami naukowymi, konkursem na prace doktorskie owocują różnorodnymi osiągnięciami, np. publikacją z osobami reprezentującymi EuroSDR⁵. Liczne kontakty z tej organizacji umożliwiły mi odbycie 8 wizyt studyjnych w uniwersytetach i narodowych jednostkach mapujących. Jednostki te to: University of Ljubljana (Słowenia), Swisstopo (Szwajcaria), TU Dublin (Irlandia), Ministry of Interior - Department of Lands and Surveys (Cypr), Universitat Politècnica de Valencia (Hiszpania), Federal Office of Metrology and Surveying (BEV) (Austria), ponownie University of Ljubljana (Słowenia) i Finnish Geospatial Research Institute (Finlandia). Pełen wykaz moich mobilności znajduje się w Załączniku 4 część II.8.

W kontekście kontaktów z innymi organizacyjnymi pragnę zwrócić uwagę na aktywność naukową w ramach organizacji konferencji i działań rozwijających naukę poprzez popularyzowanie jej rezultatów. Pełniąc ważne funkcje w Międzynarodowej Federacji Geodetów zorganizowałem pierwszy raz w historii Polski Kongres FIG w Warszawie, w którym uczestniczyło ponad 1000 osób, a w Międzynarodowym Towarzystwie Fotogrametrii i Teledetekcji jako jedyny Polak przewodnicząc grupie roboczej bardzo aktywnej naukowo związanej z kalibracją i orientacją sensorów w fotogrametrii i teledetekcji (w obecnej kadencji są tylko 3 osoby z Polski wśród zaangażowanych w prace grup naukowców).

Jestem także kierownikiem projektu pt. „Rozwój strategicznej współpracy Politechniki Warszawskiej i Politechniki Lwowskiej w zakresie geomatyki”. Jest to projekt, w którym, poza pogłębianiem współpracy na polu dydaktycznym poprzez umowę podwójnego dyplomowania

⁵ Bakula Krzysztof, Mills J. P., Remondino F.: A review of benchmarking in photogrammetry and remote sensing, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, vol. XLII-1/W2, s.1-8. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-1-W2-1-2019.

Ostrowski Wojciech, Gulli V.D., Bakula Krzysztof, Kurczyński Zdzisław: Quality aspects of true orthophoto in urban areas, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, vol. XLIII-B5-2020, s.191-198. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-191-2020

i mobilności studentów oraz pracowników, inicjuję współpracę kilku zespołów naukowych, które poszukują tematów na wspólne tematy badawczy, publikacje i wystąpienia konferencyjne. Liczne i częste kontakty z naukowcami z Ukrainy zaowocowały publikacją naukową we współautorstwie pracowników Politechniki Lwowskiej⁶ w tematyce bliskiej moim zainteresowaniom naukowym.

6. Informacja o osiągnięciach dydaktycznych, organizacyjnych oraz popularyzujących naukę lub sztukę.

6.1. Osiągnięcia dydaktyczne

Podczas 14 lat pracy dydaktycznej, z czego 8 lat po doktoracie, wykazałem się dużą aktywnością na polu dydaktycznym zarówno w zakresie prowadzenie różnorodnych zajęć dydaktycznych, tworzenia nowych form kształcenia, a także w zakresie licznych wypromowanych dyplomantów, którzy 13 razy zdobywali krajowe nagrody i wyróżnienia. Byłem prowadzącym i współautorem treści programowych i materiałów dydaktycznych 22 przedmiotów na 3 kierunkach studiów (geodezja i kartografia, gospodarka przestrzenna, geoinformatyka). Uczestniczyłem w powstaniu 68 prac dyplomowych, z czego w 44 w charakterze promotora, a w pozostałych przypadkach konsultanta nadzorującego realizację części praktycznej pracy dyplomanta. 32 razy byłem recenzentem prac dyplomowych.

Prowadzone zajęcia

– Kierunek geodezja i kartografia studia inżynierskie

Podstawy Fotogrametrii, Fotogrametryczne Technologie Pomiarowe 1, Fotogrametryczne Technologie Pomiarowe 2, Fotogrametria 2, Geometria wykreślna, Zastosowania Fotogrametrii i Teledetekcji, Fotogrametryczne Modelowanie Terenu,

– Kierunek geodezja i kartografia studia magisterskie

Lotniczy Skanowanie Laserowe, Orientacja przestrzenna zobrażeń, Zastosowania Fotogrametrii lotniczej i satelitarnej, Zastosowania i standardy fotogrametrii lotniczej i satelitarnej, Technologie UAV, Technologie UAV w geodezyjnych pomiarach sytuacyjno-wysokościowych, Mobilne systemy kartowania, Produkty fotogrametryczne w systemach katastralnych, Tworzenie i zastosowanie modeli 3D budynków,

⁶ Burshtynska, Khrystyna, Zayats Iryna, Halochkin Maksym, Bakula Krzysztof, Babiy Lyubov, 2023. The Influence of the Main Factors on the Accuracy of Hydrological Modelling of Flooded Lands, Water 15, no. 18: 3303. <https://doi.org/10.3390/w15183303>,

– **Kierunek geodesy and cartography, studia magisterskie anglojęzyczne**

Mobile Mapping Technologies, 3D City modelling, Diploma seminary, Field practice

– **Kierunek Gospodarka przestrzenna, studia inżynierskie**

Wizualizacja 3D

– **Kierunek Geoinformatyka, studia inżynierskie**

Standardy i konwersja danych 3D

Opracowane programy studiów:

- Współautor programu studiów anglojęzycznych kierunku geodesy and cartography, specjalność mobile mapping and navigation systems w 2020 roku;
- Opracowanie nowych przedmiotów: 3D City modeling (2021), Mobile Mapping Technologies (2021), Technologie UAV (2020), Technologie UAV w geodezyjnych pomiarach sytuacyjno-wysokościowych (2018), Tworzenie i zastosowanie modeli 3D budynków (2019), Produkty fotogrametryczne w systemach katastralnych (2019), Lotnicze skanowanie laserowe - ćwiczenia (2018), Zastosowanie i standardy fotogrametrii lotniczej i satelitarnej (2018), Standardy i konwersja danych 3D (2016);
- Zaktualizowanie programów przedmiotów Orientacja Przestrzenna Zobrazowań, Fotogrametria Lotnicza i Satelitarna w wybranych zastosowaniach (2017), Fotogrametryczne Technologie Pomiarowe (2015), Podstawy Fotogrametrii (2014).

W ostatnich dwóch latach byłem także kierownikiem szkoły letniej w ramach projektu „Szkółę letniej geomatyki i inżynierii lotnictwa na Politechnice Warszawskiej” w programie SPINAKER Narodowej Agencji Wymiany Akademickiej NAWAAWA. Celem projektu była organizacja szkół letnich jako intensywnych form kształcenia, a także promocja wizerunku uczelni i jej oferty dydaktycznej poprzez poszukiwanie kandydatów zainteresowanych studiami II stopnia. W obu edycjach udział wzięło ponad 50 studentów, w tym studenci z Wielkiej Brytanii, Hiszpanii, Chorwacji, Ukrainy i Gruzji, a także wykładowcy z tych krajów. Jako kierownik opracowałem program tej szkoły z elementami popularyzatorskimi promującymi nasz kraj i polską kulturę.

6.2. Osiągnięcia organizacyjne

W dotychczasowej działalności naukowej brałem udział w 20 projektach naukowych, z czego 9 finansowanych przez jednostki zewnętrzne (NCBR, FNP, MEiN). W 11 pełniłem funkcję

kierownika, co wiązało się z licznymi obowiązkami organizacyjnymi związanymi z zatrudnianiem personelu badawczego, organizowaniem zamówień publicznych etc.

Organizowałem lub współorganizowałem 13 konferencji naukowych zazwyczaj w funkcji sekretarza lub przewodniczącego komitetu organizacyjnego. Pełna lista organizowanych przeze mnie konferencji znajduje się w Załączniku 4 w części II.5. Działania te wiążą się ściśle z pełnionymi funkcjami w następujących towarzystwach i stowarzyszeniach: European Spatial Data Research (EuroSDR), Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), Międzynarodowa Federacja Geodetów (FIG), Association of universities of science and technology in Europe (CESAER), International Committee of Architectural Photogrammetry (CIPA), Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (PTFIT), Stowarzyszenie Geodetów Polskich (SGP), Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Teledetekcji (PTG). Pełna lista pełnionych tych podmiotach funkcji znajduje się w Załączniku 4 w części II.7.

Na Wydziale Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej pełniłem szereg aktywności organizacyjnych od drobnych zadań, gdy pełniłem funkcje asystenta organizującego pracownie i komputery dydaktyczne aż po koordynację pracy wydziału jako Prodziekan ds. studenckich i współpracy międzynarodowej, zajmujący się sprawami 1000 studentów na wydziale w zakresie stypendiów, należności za opłaty za studia, pomocy socjalnej, rozwoju naukowego studentów, organizacji dla nich wsparcia psychicznego oraz mentorskiego, koordynacji współpracy międzynarodowej wydziału, opieki nad przedstawicielami jednostek zagranicznych wizytujących Wydział, koordynacji w zakresie promocji Wydziału, nadzoru studiów anglojęzycznych, pracy w komisjach wydziałowych i komisji senackiej ds. współpracy międzynarodowej oraz udziału w zespole rektorskim „Solidarni z Ukrainą”.

Kieruję także projektem strategicznym wydziału, tj. „Rozwój strategicznej współpracy Politechniki Warszawskiej i Politechniki Lwowskiej w zakresie geomatyki” – projekt, którego celem jest nawiązanie silnej instytucjonalnej współpracy pomiędzy 2 czołowymi uczelniami technicznymi Polski i Ukrainy; projekt jak do tej pory przyczynił się do 30 mobilności naukowców ukraińskich do Polski na krótkoterminowe wizyty, jak również mobilizuje do prowadzenia wspólnych badań, pisanie publikacji i wystąpień konferencyjnych.

Wykaz działalności organizacyjnej na Wydziale Geodezji i Kartografii PW:

- Prodziekan ds. studenckich i współpracy międzynarodowej 2020-2024,
- Rada Naukowa Dyscypliny Inżynieria lądowa i transport 2019-2020,

- Pełnomocnik dziekana ds. koordynacji uruchomienia studiów anglojęzycznych na Wydziale 2020,
- Członek Komisji ds. wdrażanie reformy 2.0 na Wydziale Geodezji i Kartografii 2019-2020,
- Delegat Wydziału ds. koordynacji współpracy z GUGIK 2017,
- Rada Wydziału Geodezji i Kartografii – członek w latach 2013, 2014, 2016-2020, 2020-2024,
- Kolegium Wnioskująco-Opiniujące do wyboru Dziekana 2020-2023,
- Wydziałowa Komisja Przetargowa – przewodniczący, sekretarz w latach 2015-2017,
- Komisja Dyplomowej w Zakładzie Fotogrametrii, Teledetekcji i SIP WGIK PW - Wice-przewodniczący, 2016-2020, 2020-2024,
- Komisja Dyplomowa w Zakładzie Kartografii WGIK PW - członek 2016-2020,
- Wydziałowa Komisja Wyborcza Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej - członek, 2012-2016,
- Wydziałowa Rada Doktorantów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej - Przewodniczący w latach 2013, 2014,
- Wydziałowa Rada Doktorantów Wydziału Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej - członek w latach 2010/2011, 2011/2012, 2012/2013, 2013/2014.

6.3. Osiągnięcia popularyzatorskie

Jestem osobą aktywnie działającą na rzecz popularyzacji wiedzy. W 2014 roku brałem udział w konkursie INTER Fundacji na rzecz Nauki Polskiej związanym z popularyzacją nauki, w którym dostałem się do finału konkursu otrzymując nagrodę popularyzatorską. Od 2017 roku jestem członkiem redakcji Przeglądu Geodezyjnego. W tym czasie byłem autorem 52 comiesięcznych artykułów popularno-naukowych w dziale Fotogrametria. Dodatkowo sprawozdawałem w miesięczniku tym dużą liczbę wydarzeń o charakterze naukowym.

W życiu uniwersyteckim, poza pracą naukową i dydaktyczną, byłem również aktywny na polu popularyzatorskim. Byłem autorem 2 lekcji realizowanych w latach 2016-2019 podczas Festiwalu Nauki w Warszawie. Prowadziłem zajęcia dla Uniwersytetu Trzeciego Wieku w latach 2018-2019. W 2017 byłem prelegentem podczas GIS Day w stolicy, a dwukrotnie występowałem także podczas Dni Technik Geodezyjnych w technikum budowlanym w Mińsku Mazowieckim.

7. Inne informacje dotyczące jego kariery zawodowej.

Podsumowując mój cały dorobek naukowy, jestem autorem 69 prac naukowych, których wykaz zawarto w Załączniku 4. Dorobek ten w parametrach statystycznych uwzględnia poniższa tabela.

Tabela 1. Zestawienie wszystkich osiągnięć naukowo-badawczych (stan na 30.09.2023)

lp.	Kryterium	Wskaźnik
1	Autorstwo lub współautorstwo publikacji naukowych w czasopismach znajdujących się w bazie Journal Citation Reports (JCR)	14 (w tym 13 po doktoracie)
2	Autorstwo lub współautorstwo monografii Współautorstwo rozdziałów monografii	2 6 (w tym odpowiednio 2 i 3 po doktoracie)
3	Publikacje naukowe w czasopismach nieposiadających współczynnika wpływu impact factor (IF)	47 (w tym 31 po doktoracie)
5	Sumaryczny imact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania	35,506 (w tym 34,733 po doktoracie)
6	Liczba cytowań publikacji: - według bazy Web of Science - według bazy Scopus - według bazy Google Scholar	221 369 681
7	Indeks Hirscha opublikowanych publikacji: - według bazy Web of Science - według bazy Scopus - według Google Scholar	8 10 14
8	Liczba punktów za publikację wg punktacji MEiN ważną dla czasopisma na dany rok*	1568 (w tym 1359 po doktoracie)

Ponadto, jestem także promotorem pomocniczym w dwóch przewodach doktorskich: mgr Dagmary Zelaya Wziątek oraz mgr inż. Adama Kostrzewy.

W pracy badawczej pomagają mi uprawnienia zawodowe w zakresie obsługi dronów uzyskane w 2020: świadectwo kwalifikacji, loty poza zasięgiem wzroku (BVLOS), UAV<5kg, UAV(MR)<25kg.

W ciągu swojej 14-letniej pracy zawodowej otrzymałem liczne nagrody za działalność naukową, dydaktyczną i popularyzatorską, wśród których jest 6 nagród i odznaczeń ogólnopolskich oraz 6 nagród JM Rektora Politechniki Warszawskiej.

Nagrody i odznaczenia krajowe:

- 1) Brązowy Krzyż Zasługi przyznany w 2021 r.,
- 2) Odznaka honorowa „Za Zasługi dla Geodezji i Kartografii” przyznana przez Ministra Infrastruktury i Rozwoju w 2019 r.,
- 3) Złota odznaka honorowa Stowarzyszenia Geodetów Polskich przyznana w 2018 r.,
- 4) Srebrna odznaka honorowa Stowarzyszenia Geodetów Polskich przyznana w 2015 r.,
- 5) Laureat nagrody popularyzatorskiej FNP w konkursie INTER 2014,
- 6) Nagroda dla młodych nauczycieli akademickich, studentów i doktorantów działających w zakresie dyscyplin fotogrametrii i teledetekcji Funduszu nagród i stypendiów Fanni i Teodora J. Blachutów przyznana w 2012 r.

Nagrody uczelniane:

- 7) Nagroda indywidualna I stopnia JM Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia organizacyjne przyznana w 2022 roku,
- 8) Nagroda zespołowa JM Rektora Politechniki Warszawskiej I stopnia za osiągnięcia organizacyjne przyznana w 2022 roku,
- 9) Nagroda zespołowa II stopnia JM Rektora Politechniki Warszawskiej za osiągnięcia dydaktyczne przyznana w 2020 roku,
- 10) Nagroda zespołowa JM Rektora Politechniki Warszawskiej II i III stopnia za osiągnięcia naukowe za osiągnięcia przyznana w 2019 roku,
- 11) Nagroda indywidualna JM Rektora Politechniki Warszawskiej I stopnia za osiągnięcia naukowe przyznana w 2017 roku,
- 12) Nagroda indywidualna JM Rektora Politechniki Warszawskiej III stopnia za osiągnięcia naukowe przyznana w 2015 roku.

W działalności naukowej, poza tematem wiodącym wykazany w osiągnięciu przedłożonym w celu uzyskania stopnia doktora habilitowanego, realizuję prace badawcze i posiadam osiągnięcia naukowe w wielu innych zagadnieniach badawczych z zakresu dyscypliny inżynieria lądowa, geodezja i transport, a także o szerokim charakterze interdyscyplinarnym, realizowanych we współpracy z kilkudziesięcioma naukowcami z Polski i świata. Poniżej,

odnosząc się do pozycji z Załącznika 4. z wykazem osiągnięć naukowych albo artystycznych, przedstawiam krótko inne tematy swojej działalności naukowej:

Wykorzystanie i analiza danych geoprzestrzennych pozyskanych z pomocą bezzałogowych statków latających – badania realizowane w kontekście osiągnięć [[A1-A5](#)] jak i prac, które w nich nie zostały uwzględnione z racji ograniczeń legislacyjnych związanych z brakiem możliwości włączenia referatów konferencyjnych nieujętych w wykazie MEiN po 2019 roku, a które dotyczyły bezzałogowego skanowania laserowego [pozycje II.3.10, II.3.15, II.3.21, II.3.31, II.3.37, II.3.38]; tematyka wykorzystania BSL obejmuje także inne prace badawcze związane ze stosowaniem fotogrametrii niskopułapowej np. w zakresie analizy danych wieloczasowych w detekcji roślinności zniszczonej przymrozkiem [II.3.11] czy analizy stanów wałów przeciwpowodziowych wykazanych jako oddzielna grupa publikacji.

Wykorzystanie danych fotogrametrycznych w modelowaniu hydraulicznym i monitorowaniu obiektów infrastruktury przeciwpowodziowej – te zagadnienia związane są blisko z tematyką bezzałogowych statków latających, ale jeszcze bardziej z tematem pracy doktorskiej dotyczącej pośrednio zagrożenia przeciwpowodziowego; tematyka tych badań dotyczyła w dużej mierze wykorzystania BSL i innych danych geoprzestrzennych w identyfikacji uszkodzeń i monitoringu stanu wałów przeciwpowodziowych [II.2.1. II.3.1, II.3.23], jak również modelowania hydraulicznego [II.3.1, II.3.34, II.3.48, II.3.58, II.3.61, II.3.62].

Przetwarzanie i analiza jakości produktów przetworzenia danych fotogrametrii lotniczej – prace z tego zakresu dotyczyły metodyki przetwarzania i analizy danych fotogrametrii lotniczej: analizy powstawania prawdziwej ortofotomapy [II.3.13], stosowania osnowy pomiarowej przy aerotriangulacji zdjęć lotniczych [II.3.18], przetwarzania zdjęć ukośnych [II.3.42], ale także przetwarzania i analizy danych lotniczego skanowania laserowego: opisu standardów numerycznych modeli wysokościowych powstałych z ALS [II.2.5, II.3.57], poprawy jego dokładności poziomej [II.3.44], analizy usprawnień przetwarzania danych lotniczego skanowania batymetrycznego i ich klasyfikacji [II.3.16, II.3.17], analizy danych wielospektralnego skanowania laserowego i wykorzystania go w klasyfikacji pokrycia terenu [II.3.40, II.3.45].

Wykorzystanie archiwalnych danych fotogrametrycznych i teledetekcyjnych – tematyka prac z tego zakresu dotyczyła w większości wykorzystania archiwalnej fotogrametrii

i ortofotomap oraz modeli wysokościowych w analizie sukcesji roślinności [prace z Załącznika nr 4 z pozycji II.3.7, II.3.19, II.3.20], analizy roślinności miejskiej z użyciem modeli wysokościowych z danych archiwalnych [II.3.27], oraz analiz wieloczasowych zmian lodowców i kartowanie obszarów na bazie danych archiwalnych strefy antarktycznej [II.3.8, II.3.32].

Wykorzystanie fotogrametrii lotniczej w pracach z zakresu katastru nieruchomości i gospodarki przestrzennej – prace związane były z oceną możliwości wykorzystania platform BSL w pomiarach działek ewidencyjnych i budynków dla celów ewidencji gruntów i budynków, a także w gospodarowaniu przestrzenią [II.2.2, II.3.24, II.3.41, II.3.43], oraz prób wykorzystania produktów fotogrametrycznych w koncepcji katastru 3D [II.3.36].

Wykorzystywanie danych fotogrametrycznych i lidar w archeologii – tematyka ta związana jest z tworzeniem metodyki automatycznej detekcji mielerzy we współpracy z UKSW [II.2.4, II.3.53], a także tworzeniem standardów pozyskiwania, przetwarzania i analizy danych lidar w celu rozpoznania zasobów dziedzictwa archeologicznego w ramach programu AZP [II.3.29], jak również analizą średniowiecznych fortyfikacji z użyciem ALS [II.3.53].

Analiza dokładności i metody weryfikacji modeli 3D budynków – prace z tego zakresu dotyczyły analiz dokładności modeli 3D budynków jako produktu powstałego w projekcie CAPAP, powstała metodyka masowej analizy budynków w podejściu statystycznym stosująca w tym zakresie dane lotniczego skanowania laserowego [II.3.25, II.2.33].

Przetwarzanie i analiza fotogrametrycznych danych naziemnych – prace z zakresu integracji sensorów w celu tworzenia mobilnej platformy pomiarowej [II.2.6], analizy wpływu danych źródłowych na wynik produktów fotogrametrycznych obiektów architektonicznych [II.3.3, II.3.51] czy modelowanie 3D fragmentów obiektów budowlanych [II.3.60].

Przetwarzania danych fotogrametrycznych i lidar dla potrzeb kartografii – tematyka obejmowała prace związane z wyborem źródła danych wysokościowych do prezentacji na mapach topograficznych [II.3.47] oraz generalizacji modeli terenu z tym związanej [II.3.54].

.....
(podpis wnioskodawcy)

Wykaz osiągnięć naukowych albo artystycznych, stanowiących znaczny wkład w rozwój określonej dyscypliny

I. WYKAZ OSIĄGNIĘĆ NAUKOWYCH ALBO ARTYSTYCZNYCH, O KTÓRYCH MOWA W ART. 219 UST. 1. PKT 2 USTAWY

po uzyskaniu stopnia doktora:

1. **Bakuła K.**, Ostrowski W., Szender M., Plutecki W., Salach A., Górski K., 2016. Possibilities of using LiDAR and photogrammetric data obtained with unmanned aerial system for levees monitoring, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XLI-B1, 773-780, doi:10.5194/isprs-archives-XLI-B1-773-2016; ISSN 1682-1750.
2. **Bakuła, K.**, Salach, A., Zelaya Wziątek, D., Ostrowski, W., Górski K., Kurczyński Z., 2017. Evaluation of the accuracy of LiDAR data acquired using a UAS for levee monitoring: preliminary results, International Journal of Remote Sensing, 38(8-10), 2921-2937, <http://dx.doi.org/10.1080/01431161.2016.1277044>, ISSN: 0143-1161.
3. Salach A., **Bakuła K.**, Pilarska M., Ostrowski W., Górski K., Kurczyński Z., 2018. Accuracy assessment of point clouds from LiDAR and dense image matching acquired using the UAV platform for DTM creation. ISPRS International Journal of Geo-Information, 7, 342; doi:10.3390/ijgi7090342, ISSN: 2220-9964.
4. **Bakuła K.**, Pilarska M., Salach, A., Kurczyński Z. 2020. Detection of Levee Damage Based on UAS Data—Optical Imagery and LiDAR Point Clouds, ISPRS International Journal of Geo-Information 9 (4), 248, <https://doi.org/10.3390/ijgi9040248>, ISSN 2220-9964.
5. **Bakuła K.** 2023, Dokładność numerycznych modeli wysokościowych powstałych z danych z bezzałogowego skanowania laserowego w dobie rozwoju technologii ULS Przegląd Geodezyjny, 9/2023, 9-15, DOI: 10.15199/50.2023.09.

II. WYKAZ AKTYWNOŚCI NAUKOWEJ ALBO ARTYSTYCZNEJ

1. Wykaz opublikowanych monografii naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.1).

po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) Rus R., Krzyszkowska J., Kulka A., Pietrzak L., Cegielski S., Cieciora L., Grzechnik B., **Bakuła Krzysztof**, Kędziora K., Konarski K., Kuźnicki T., Walo Janusz: Historia

związków-stowarzyszeń mierniczych-geodetów na prędcie zestawiona z okazji 100-lecia Stowarzyszenia Geodetów Polskich polskiej niepodległej geodezji, 2019, Stowarzyszenie Geodetów Polskich, 501 stron.

- 2) Osińska-Skotak Katarzyna, **Bakuła Krzysztof**, Krzysztofowicz Sylwia, Pluto-Kossakowska Joanna, Kupidura Przemysław, Andrzejewska Elżbieta, Bujakiewicz Aleksandra, Białousz Stanisław, Kurczyński Zdzisław, Zawieska Dorota: 70 lat Zakładu Fotogrametrii, Teledetekcji i Systemów Informacji Przestrzennej, 2016, Wydział Geodezji i Kartografii Politechniki Warszawskiej, 248.

2. Wykaz opublikowanych rozdziałów w monografiach naukowych.

po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) Zelaya Wziętek Dagmara, Sieński Edmund, **Bakuła Krzysztof**, Salach Adam, Kurczyński Zdzisław: Identification of the levees failure vulnerability based on multi-sources monitoring, W: Proceedings of the Twenty-Sixth International Congress on Large Dams / Vingt-Sixième Congrès International des Grands Barrages, 2018, Wiedeń, Taylor & Francis Group, s.736-749, ISBN 9781138612280.
- 2) Karabin Marcin, Olszewski Robert, Gotlib Dariusz, **Bakuła Krzysztof**, Fijałkowska Anna: The New Methods of Visualisation of the Cadastral Data in Poland, W: Surveying the world of tomorrow - From digitalisation to augmented reality. Proceedings of FIG Working Week 2017, 2017, Międzynarodowa Federacja Geodetów (FIG), s.1-18, ISBN 978-87-92853-61-5.
- 3) Ryfa Tomasz, Zelaya Wziętek Dagmara, **Bakuła Krzysztof**: Monitoring wałów przeciwpowodziowych przy użyciu lotniczego skaningu laserowego, w: Budowle piętrzące - eksploatacja i monitoring / Winter Jan Adam [i in.] (red.), Monografie Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej, 2017, Warszawa, Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej - Państwowy Instytut Badawczy, s.127-138, ISBN 978-83-64979-23-1.

przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 4) **Bakuła Krzysztof**, Ostrowski Wojciech, Zapłata Rafał: Automatyzacja w procesie detekcji obiektów archeologicznych z danych ALS, W: Folia Praehistorica Posnaniensia Posnaniensia / Minta-Tworzowska D. (red.), Folia Praehistorica Posnaniensia, 2014, vol. XIX, Poznań, Wydawnictwo Naukowe Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza, s.189-206, ISBN 978-83-232-2835-6.

- 5) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**: Generowanie referencyjnego numerycznego modelu terenu o zasięgu krajowym w oparciu o lotnicze skanowanie laserowe w projekcie ISOK, w: Measurement technologies in surveying. Geodezyjne technologie pomiarowe / Kurczyński Zdzisław (red.), Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2013, Zarząd Główny Stowarzyszenia Geodetów Polskich, s.59-68, ISBN 978-83-61576-26-7.
 - 6) Markiewicz Jakub, Kowalczyk Michał, Podlasiak Piotr, **Bakula Krzysztof**, Zawieska Dorota, Bujakiewicz Aleksandra, Andrzejewska Elżbieta: Analiza wpływu rozdzielczości danych źródłowych na jakość produktów fotogrametrycznych obiektu architektury, w: Measurement technologies in surveying. Geodezyjne technologie pomiarowe / Kurczyński Zdzisław (red.), Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2013, Zarząd Główny Stowarzyszenia Geodetów Polskich, s.69-84, ISBN 978-83-61576-26-7.
3. Wykaz opublikowanych artykułów w czasopismach naukowych (z zaznaczeniem pozycji niewymienionych w pkt I.2 - podkreślenie).

po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) Burshtynska, Khrystyna, Zayats Iryna, Halochkin Maksym, **Bakula Krzysztof**, Babi Lyubov, 2023. The Influence of the Main Factors on the Accuracy of Hydrological Modelling of Flooded Lands, Water 15, no. 18: 3303. <https://doi.org/10.3390/w15183303>.
- 2) **Bakula Krzysztof** 2023, Dokładność numerycznych modeli wysokościowych powstałych z danych z bezzałogowego skanowania laserowego w dobie rozwoju technologii ULS Przegląd Geodezyjny, 9/2023, 9-15, DOI: 10.15199/50.2023.09.
- 3) **Bakula Krzysztof**, Lejzerowicz Anna, Pilarska-Mazurek Magdalena, Wojciech Ostrowski, Jakub Górka, Piotr Biernat, Paweł Czernic, Kamil Załęgowski, Katarzyna Wisna Kleszczewska, Kinga Węzka, Gąsiewski Michał, Dmowski Hubert, Styś Natalia: Sensor integration and application of low-sized mobile mapping platform equipped with lidar, GPR and photogrammetric sensors, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2022, vol. XLIII-B1-2022, s.167-172. DOI:10.5194/isprs-archives-xliii-b1-2022-167-2022.
- 4) Pluto-Kossakowska Joanna, Węzka Kinga, **Bakula Krzysztof**, Gotlib Dariusz: Mobile Mapping and Navigation Systems – a new master's program in the field of geomatics launched in covid-19 pandemic time, 2022, XXVII FIG Congress Proceedings.

- 5) Zachar Paulina, Ostrowski Wojciech, Sosnowicz Konrad, Palak Radosław, **Bakula Krzysztof**: Application of AI Tools to the Inventory of Technical and Transportation Infrastructure Based on UAV Data, 2022, XXVII FIG Congress Proceedings.
- 6) Karabin Marcin, **Bakula Krzysztof**, Łuczyński Robert: Verification of the Geometrical Representation of Buildings in Cadastre Using UAV Photogrammetry, Geomatics and Environmental Engineering, 2021, vol. 15, nr 4, s.81-99. DOI:10.7494/geom.2021.15.4.81.
- 7) Osińska-Skotak Katarzyna, Radecka Aleksandra, Ostrowski Wojciech, Dorota Michalska-Hejduk, Jakub Charyton, **Krzysztof Bakula**, Hubert Piórkowski: The Methodology for Identifying Secondary Succession in Non-Forest Natura 2000 Habitats Using Multi-Source Airborne Remote Sensing Data, Remote Sensing, 2021, vol. 13, nr 14, s.2803. DOI:10.3390/rs13142803.
- 8) Pasik Mariusz, **Bakula Krzysztof**, Różycki Sebastian, Wojciech Ostrowski, Maria Elżbieta Kowalska, Anna Fijałkowska, Marcin Rajner, Sławomir Łapiński, Ireneusz Sobota, Marek Kejna, Katarzyna Osińska-Skotak: Glacier Geometry Changes in the Western Shore of Admiralty Bay, King George Island over the Last Decades, Sensors, 2021, vol. 21, nr 4, s.1-25. DOI:10.3390/s21041532.
- 9) **Bakula Krzysztof**, Pilarska Magdalena, Salach Adam, Kurczyński Zdzisław: Detection of levee damage based on UAS data-optical imagery and LiDAR point clouds, ISPRS International Journal of Geo-Information, 2020, vol. 9 (4), s.1-15. DOI:10.3390/ijgi9040248.
- 10) **Bakula Krzysztof**, Pilarska Magdalena, Ostrowski Wojciech, Artur Nowicki, Zdzisław Kurczyński: UAV LIDAR data processing: influence of flight height on geometric accuracy, radiometric information and parameter setting in DTM production, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, vol. XLIII-B1-2020, s.21-26. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B1-2020-21-2020.
- 11) Jełowicki Łukasz, Sosnowicz Konrad, Ostrowski Wojciech, Katarzyna Osińska-Skotak, **Krzysztof Bakula**: Evaluation of Rapeseed Winter Crop Damage Using UAV-Based Multispectral Imagery, Remote Sensing, 2020, vol. 12(16), s.1-21. DOI:10.3390/rs12162618.
- 12) **Bakula Krzysztof**, Kurczyński Zdzisław: Assessment and bibliometric review of scientific achievements published in the Archives of Photogrammetry, Cartography and Remote Sensing, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2019, vol. 31, s.145-166. DOI:10.2478/apcrs-2019-0010.

- 13) Ostrowski Wojciech, Gulli V.D., **Bakula Krzysztof**, Kurczyński Zdzisław: Quality aspects of true orthophoto in urban areas, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2020, vol. XLIII-B5-2020, s.191-198. DOI:10.5194/isprs-archives-XLIII-B5-2020-191-2020.
- 14) **Bakula Krzysztof**, Mills J. P., Remondino F.: A review of benchmarking in photogrammetry and remote sensing, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, vol. XLII-1/W2, s.1-8. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-1-W2-1-2019.
- 15) **Bakula Krzysztof**, Ostrowski Wojciech, Pilarska Magdalena, Marcin Szender, Zdzisław Kurczyński: Evaluation and calibration of fixed-wing multisensor UAV mobile mapping system: improved results, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, vol. XLII-2/W13, s.189-195. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W13-189-2019.
- 16) Kogut Tomasz, Weistock Milena, **Bakula Krzysztof**: Classification of data from airborne lidar bathymetry with random forest algorithm based on different feature vectors, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2019, vol. XLII-2/W16, s.143-148. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W16-143-2019.
- 17) Kogut Tomasz, **Bakula Krzysztof**: Improvement of Full Waveform Airborne Laser Bathymetry Data Processing based on Waves of Neighborhood Points, Remote Sensing, 2019, vol. 11, nr 10, s.1-13. DOI:10.3390/rs11101255.
- 18) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**, Pilarska Magdalena, Wojciech Ostrowski: The problem of using and measurement of identifiable ground control points on high resolution aerial images, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2019, vol. 31, s.135-144. DOI:10.2478/apcrs-2019-0009.
- 19) Osińska-Skotak Katarzyna, Jełowicki Łukasz, **Bakula Krzysztof**, Michalska-Hejduk Dorota, Wylazłowska Justyna, Kopeć Dominik: Analysis of Using Dense Image Matching Techniques to Study the Process of Secondary Succession in Non-Forest Natura 2000 Habitats, Remote Sensing, 2019, vol. 11, nr 8, s.1-28. DOI:10.3390/rs11080893.
- 20) Osińska-Skotak Katarzyna, **Bakula Krzysztof**, Jełowicki Łukasz, Podkowa Anna: Using Canopy Height Model Obtained with Dense Image Matching of Archival Photogrammetric Datasets in Area Analysis of Secondary Succession, Remote Sensing, 2019, vol. 11 (18), s.1-28. DOI:10.3390/rs11182182.

- 21) **Bakula Krzysztof**, Ostrowski Wojciech, Pilarska Magdalena, Marcin Szender, Zdzisław Kurczyński: Evaluation and calibration of fixed-wing UAV mobile mapping system equipped with lidar and optical sensors, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018, vol. XLII-1, s.25-32. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-1-25-2018.
- 22) **Bakula Krzysztof**, Woźniak Wojciech: Możliwości tworzenia numerycznego modelu pokrycia terenu ze stereopary zdjęć satelitarnych VHRS, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2018, vol. 30, s.143-159. DOI:10.14681/afkit.2018.010.
- 23) **Bakula Krzysztof**, Zelaya Wziętek Dagmara, Weintrit Beata, Marcin Jędryka, Tomasz Ryfa, Magdalena Pilarska, Zdzisław Kurczyński: Multi-sourced, remote sensing data in levees monitoring: case study of SAFEDAM project, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018, vol. XLII-3/W4, s.101-108. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-101-2018.
- 24) Karabin Marcin, **Bakula Krzysztof**, Fijałkowska Anna, Magdalena Karabin-Zych: Feasibility study of 3D cadastre implementation using various data sources – the case of Warsaw Subway, Geodetski Vestnik, 2018, vol. 62, nr 3, s.445-457. DOI:10.15292/geodetski-vestnik.2018.03.445-457.
- 25) Ostrowski Wojciech, Pilarska Magdalena, Charyton Jakub, **Bakula Krzysztof**: Analysis of 3D building models accuracy based on the airborne laser scanning point clouds, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018, vol. XLII-2, s.797-804. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-797-2018.
- 26) Salach Adam, **Bakula Krzysztof**, Pilarska Magdalena, Wojciech Ostrowski, Konrad Górski, Zdzisław Kurczyński: Accuracy Assessment of Point Clouds from LiDAR and Dense Image Matching Acquired Using the UAV Platform for DTM Creation, ISPRS International Journal of Geo-Information, 2018, nr 7, s.1-16. DOI:10.3390/ijgi7090342.
- 27) Urbański Mariusz, **Bakula Krzysztof**: Analiza ubytku drzewostanów z wykorzystaniem lotniczych danych fotogrametrycznych dla warszawskiej dzielnicy Wilanów, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2018, vol. 30, s.11-25. DOI:10.14681/afkit.2018.001.
- 28) Weintrit Beata, **Bakula Krzysztof**, Jędryka Marcin, Wojciech Bijak, Wojciech Ostrowski, Dagmara Zelaya Wziętek, Artur Ankowski, Zdzisław Kurczyński: Emergency rescue management supported by UAV remote sensing data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2018, nr 42 (3W4), s.563-567. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-3-W4-563-2018.

- 29) Zapłata Rafał, **Bakula Krzysztof**, Stereńczak Krzysztof, Zdzisław Kurczyński, Bartłomiej Kraszewski, Wojciech Ostrowski: Zalecenia odnośnie do pozyskiwania, przetwarzania, analizy i wykorzystania danych LiDAR w celu rozpoznania zasobów dziedzictwa archeologicznego w ramach programu AZP – między teorią a praktyką, Kurier Konserwatorski, 2018, nr 15, s.95-103.
- 30) **Bakula Krzysztof**, Salach Adam, Zelaya Wziętek Dagmara, Wojciech Ostrowski, Konrad Górski, Zdzisław Kurczyński: Evaluation of the accuracy of lidar data acquired using a UAS for levee monitoring: preliminary results, International Journal of Remote Sensing, 2017, vol. 38, nr 8-10, s.2921-2937. DOI:10.1080/01431161.2016.1277044.
- 31) Ostrowski Wojciech, Górski Konrad, Pilarska Magdalena, Adam Salach, **Krzysztof Bakula**: Comparison of the laser scanning solutions for the unmanned aerial vehicles, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2017, vol. 29, s.101-123. DOI:10.14681/afkit.2017.008.
- 32) Pasik Mariusz, Kowalska Maria, Łapiński Sławomir, Marcin Rajner, **Krzysztof Bakula**: Large-scale map and 3D modelling of the Henryk Arctowski Polish Antarctic Station, Polar Record, 2017, vol. 53, nr 3, s.280-288. DOI:10.1017/S0032247417000122.
- 33) Pilarska Magdalena, Ostrowski Wojciech, **Bakula Krzysztof**: Analiza dokładności modelowania 3D budynków w oparciu o dane z lotniczego skanowania laserowego, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2017, vol. 29, s.155-175. DOI:10.14681/afkit.2017.012.
- 34) **Bakula Krzysztof**, Stępnik Mateusz, Kurczyński Zdzisław: Influence of Elevation Data source on 2D Hydraulic Modelling, Acta Geophysica, 2016, vol. 64, nr 4, s.1176-1192. DOI:10.1515/acgeo-2016-0030.
- 35) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**: Ocena możliwości współczesnej fotogrametrii w pracach z zakresu ewidencji gruntów i budynków, Przegląd Geodezyjny, 2016, nr 7/2016, s.6-14. DOI:10.15199/50.2016.7.1.
- 36) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**: SAFEDAM - zaawansowane technologie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodzią, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2016, vol. 28, s.39-52. DOI:10.14681/afkit.2016.003.
- 37) Pilarska Magdalena, Ostrowski Wojciech, **Bakula Krzysztof**, Górski Konrad, Kurczyński Zdzisław: The potential of light laser scanners developed for unmanned aerial vehicles - the review and accuracy, The International Archives of the Photogrammetry, Remote

- Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XLII-2/W2, s.87-95. DOI:10.5194/isprs-archives-XLII-2-W2-87-2016.
- 38) **Bakula Krzysztof**, Ostrowski Wojciech, Szender Marcin, Plutecki Wieńczysław, Salach Adam, Górski Konrad: Possibilities for using Lidar and photogrammetric data obtained with an unmanned aerial vehicle for levee monitoring, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XLI-B1, s.773-780. DOI:10.5194/isprsarchives-XLI-B1-773-2016.
- 39) **Bakula Krzysztof**, Kupidura Przemysław, Jełowicki Łukasz: Testing of land cover classification from multispectral airborne laser scanning data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XLI-B7, s.161-169. DOI:10.5194/isprsarchives-XLI-B7-161-2016.
- 40) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**, Karabin Marcin, Kowalczyk Michał, Markiewicz Jakub, Ostrowski Wojciech, Podlasiak Piotr, Zawieska Dorota: The possibility of using images obtained from the UAS in cadastral works, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XLI-B1, s.909-915. DOI:10.5194/isprsarchives-XLI-B1-909-2016.
- 41) Ostrowski Wojciech, **Bakula Krzysztof**: Towards efficiency of oblique images orientation, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XL-3/W4, s.91-96. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-3-W4-91-2016.
- 42) Zawieska Dorota, Markiewicz Jakub, Turek Agnieszka., **Bakula Krzysztof**, Kowalczyk Michał Kurczyński Zdzisław, Ostrowski Wojciech, Podlasiak Piotr: Multi-criteria GIS analyses with the use of UAVS for the needs of spatial planning, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2016, vol. XLI-B1, s.1165-1171. DOI:10.5194/isprsarchives-XLI-B1-1165-2016.
- 43) **Bakula Krzysztof**, Dominik Wojciech, Ostrowski Wojciech: Enhancement of Lidar Planimetric Accuracy using Orthoimages, Photogrammetrie Fernerkundung Geoinformation, 2015, nr 2, s.143-155. DOI:10.1127/pfg/2015/0260.
- 44) **Bakula Krzysztof**: Multispectral airborne laser scanning - a new trend in the development of Lidar technology, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2015, vol. 27, s.25-44. DOI:10.14681/afkit.2015.002.

przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 45) **Bakula Krzysztof**, Dominik Wojciech, Ostrowski Wojciech: Verification and improving planimetric accuracy of airborne laser scanning data with using photogrammetric data, The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, 2014, vol. XL-3/W1, s.21-26. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-3-W1-21-2014.
- 46) **Bakula Krzysztof**: Wybór źródła danych wysokościowych do opracowania prezentacji rzeźby terenu na nowych mapach topograficznych, Przegląd Geodezyjny, 2014, nr 2, s.8-15.
- 47) **Bakula Krzysztof**: Efektywne wykorzystanie danych LIDAR w dwuwymiarowym modelowaniu hydraulicznym, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2014, vol. 26, s.23-37. DOI:10.14681/afkit.2014.002.
- 48) **Bakula Krzysztof**: Porównanie algorytmów ekstrakcji punktów istotnych w upraszczaniu numerycznych modeli terenu strukturze hybrydowej, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, 2014, vol. 26, s.11-21. DOI:10.14681/afkit.2014.001.
- 49) Bujakiewicz Aleksandra, Markiewicz Jakub, **Bakula Krzysztof**, Zawieska Dorota: Diversity of photogrammetric approaches for multi-purpose applications, Reports on Geodesy and Geoinformatics, 2014, vol. 96, s.9-19. DOI:10.2478/rgg-2014-0002.
- 50) **Bakula Krzysztof**, Flasiński Adrian: Capabilities of a smartphone for georeferenced 3D model creation: an evaluation, W: Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing. Conference Proceedings V. III, Photogrammetry and Remote Sensing, Cartography and GIS, International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM, 2014, vol. 3, International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, s.85-92, ISBN 978-619-7105-12-4.
- 51) Ostrowski Wojciech, **Bakula Krzysztof**, Zapłata Rafał: A new look at historic fortifications - medieval castles and airborne laser scanning, W: Anthropology, Archaeology, History and Philosophy. Conference Proceedings, International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM, 2014, SGEM International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, s.307-314, ISBN 978-619-7105-29-2. DOI:10.5593/sgemsocial2014/B31/S9.040.
- 52) Zapłata Rafał, **Bakula Krzysztof**, Ostrowski Wojciech: Transformation methods and ALS-data visualization in the studies of historical charcoal piles, W: Anthropology, Archaeology, History and Philosophy. Conference Proceedings, International Multidisciplinary Scientific GeoConference & EXPO SGEM, 2014, SGEM International

- Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, s.417-424, ISBN 978-619-7105-29-2. DOI:10.5593/sgemsocial2014/B31/S9.053.
- 53) **Bakula Krzysztof**, Olszewski Robert, Bujak Łukasz, Gnat Miłosz, Kietlińska Ewa, Stankiewicz Michał: Generalizacja NMT w opracowaniu metodologii reprezentacji rzeźby terenu, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2013, vol. 25, s.19-32.
- 54) **Bakula Krzysztof**: The effective application of geospatial data in flood hazard and risk map creation, W: *Water resources, Forest, Marine and Ocean Ecosystems Conference Proceedings* / Nikolaj Miloshev (red.), 2013, s.381-388, ISBN 978-619-7105-02-5. DOI:10.5593/SGEM2013/BC3/S12.048.
- 55) **Bakula Krzysztof**, Kurczyński Zdzisław: The role of structural lines extraction from high-resolution digital terrain models in the process of height data reduction, W: *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Conference Proceedings vol. II, Geodesy and Mine Surveying, Photogrammetry and Remote Sensing*, / Nikolaj Miloshev (red.), 2013, vol. II, s.579-586, ISBN 978-619-7105-01-8. DOI:10.5593/SGEM2013/BB2.V1/S08.037.
- 56) Kurczyński Zdzisław, **Bakula Krzysztof**: The selection of aerial laser scanning parameters for countrywide digital elevation model creation, W: *Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing Conference Proceedings vol. II, Geodesy and Mine Surveying, Photogrammetry and Remote Sensing*, / Nikolaj Miloshev (red.), 2013, vol. II, s.695-702, ISBN 978-619-7105-01-8. DOI:10.5593/SGEM2013/BB2.V2/S10.020.
- 57) Bakula Krzysztof: Porównanie wpływu wybranych metod redukcji NMT w tworzeniu map zagrożenia powodziowego, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2012, vol. 23, s.19-28.
- 58) **Bakula Krzysztof**, Ostrowski Wojciech: Zastosowanie cyfrowej kamery niemetrycznej w fotogrametrii lotniczej na wybranych przykładach, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2012, vol. 24, s.11-20.
- 59) Zawieska Dorota, **Bakula Krzysztof**, Podlasiak Piotr: Analiza deformacji powierzchni elementów budowlanych opracowanych na podstawie zdjęć cyfrowych, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2012, vol. 23, s.521-529.
- 60) **Bakula Krzysztof**: Comparison of six approaches in DTM reduction for flood risk determination, *Challenges of Modern Technology*, 2011, vol. 2, nr 4, s.31-36.
- 61) **Bakula Krzysztof**: Reduction of DTM obtained from LiDAR data for flood modeling, *Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji*, 2011, vol. 22, s.51-61.

4. Wykaz wystąpień na krajowych lub międzynarodowych konferencjach naukowych lub artystycznych, z wyszczególnieniem przedstawionych wykładów na zaproszenie i wykładów plenarnych (podkreślenie).

Poniższy wykaz zawiera 40 wystąpień konferencyjnych, w których prezentowałem badania własne i zespołowe. 9 wystąpień było wystąpieniami zapraszanyymi.

po uzyskaniu stopnia doktora

- 1) EAASI AGM 2023, 5.06.2023 Gdańsk, “Photogrammetry and Remote Sensing in Poland – academic and NGO’s point of view on the commercial sector”, **prezentacja zapraszana**,
- 2) FIG Working Week 2023, 28.05-1.06.2023, Orlando, USA “The Possibility of Using AI Tools to the Inventory of Technical and Transportation Infrastructure Using Uav Data”; prezentacja,
- 3) XXII Sympozjum Fotogrametryczne, Kraków, 26-28.09.2022, „Ocena przydatności współczesnych sensorów fotogrametrii niskopułapowej w pracach inwentaryzacyjnych z zakresu leśnictwa”, prezentacja,
- 4) XXIV Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), 6–11.06.2022, Nicea, Francja; Bakula K. et al, “Sensor integration and application of low-sized mobile mapping platform equipped with lidar, GPR and photogrammetric sensors, poster,
- 5) XXVII Kongres Międzynarodowej Federacji Geodetów (FIG), 11-15.09.2022, Warszawa; Mobile Mapping and Navigation Systems – a new master's program in the field of geomatics launched in covid-19 pandemic time, prezentacja,
- 6) Workshop and Summer School on Evaluation and Benchmarking of Sensors, Systems and Geospatial Data in Photogrammetry and Remote Sensing, 16-20.09.2019, Warszawa, Polska – “A review of benchmarking in photogrammetry and remote sensing”, prezentacja,
- 7) Workshop and Summer School on Evaluation and Benchmarking of Sensors, Systems and Geospatial Data in Photogrammetry and Remote Sensing, 16-20.09.2019, Warszawa, Polska - “A concept for LIDAR sensors benchmarking”, prezentacja,
- 8) ISPRS TC I Midterm Symposium Innovative Sensing - From Sensors to Methods and Applications 10-12.10.2018, Karlsruhe, Niemcy – “Evaluation and calibration of fixed-wing UAV mobile mapping system equipped with lidar and optical sensors”, poster,

- 9) U-space: trzeci wymiar miasta. UE – samorządy – drony. Warszawa, 8.02.2018 r., „Wykorzystanie bezzałogowych statków powietrznych w pracach Wydziału Geodezji i Kartografii PW”; wykład zapraszany,
- 10) EuroSDR BoD 2017 130th EuroSDR Meetings, 31.05-2.06.2017 Warszawa, “SAFEDAM - Advanced technologies in the prevention of flood hazard”, **prezentacja zapraszana,**
- 11) IX Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformacyjne, Wrocław, 29-31.03.2017 r. „Możliwości tworzenia numerycznego modelu pokrycia terenu ze stereopary zdjęć satelitarnych VHRS”, prezentacja,
- 12) GIS Day, 24.11.2017 r., Warszawa, „Safedam - system monitoringu wałów przeciwpowodziowych wykorzystujący technologię GIS”, prezentacja zapraszana
- 13) XXIII Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), 12–19.07.2016, Praga, Czechy; "Testing of land cover classification from multispectral airborne laser scanning data", prezentacja,
- 14) XXIII Kongres Międzynarodowego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS), 12–19.07.2016, Praga, Czechy; "Possibilities of using LiDAR and photogrammetric data obtained with unmanned aerial system for levees monitoring", prezentacja,
- 15) III Dni Technik Pomiarowych, 25.04.2016 r., Mińsk Mazowiecki; Bakula K. - Przykłady możliwości wykorzystania bezzałogowych systemów latających w pomiarach ewidencji gruntów i budynków i gospodarce przestrzennej, **prezentacja zapraszana,**
- 16) „Problemy stosowania przepisów prawa w dziedzinie geodezji i kartografii”, 13-15.04.2016 r., Ocena możliwości wykorzystania fotogrametrii niskopułapowej w procesach modernizacji EGIB, **prezentacja zapraszana,**
- 17) "Co geodeta i kartograf może robić w obszarach polarnych?" 7.04.2016 r. Warszawa; „Możliwości wykorzystania współczesnych fotogrametrycznych technik pomiarowych z pułapu lotniczego w badaniach obszarów polarnych”, prezentacja,
- 18) VIII Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 16-18.09.2015 r., Warszawa-Serock; „Multispektralne lotnicze skanowanie laserowe - nowy trend w rozwoju technologii LIDAR”,

przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 19) I Ogólnopolska Konferencja Użytkowników Oprogramowania Mike by DHI, 2-3.06.2015 r. Otwock; "Metodyka przygotowania i wykorzystania danych LIDAR w oprogramowaniu MIKE FLOOD", prezentacja,
- 20) II Dni Technik Pomiarowych, 11.03.2015 Mińsk Mazowiecki, „Nowoczesne techniki pomiarowe w fotogrametrii”, **prezentacja zapraszana**,
- 21) XIX Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe PTFIT „Zdalne metody obrazowania dla potrzeb modelowania 3D”, 18-19.09.2014 Poznań-Wąsowo; „Efektywne wykorzystanie danych LIDAR w dwuwymiarowym modelowaniu hydraulicznym”, prezentacja,
- 22) Konferencja SNAP „Najnowsze Techniki Dokumentacji w Archeologii – szansa czy pułapka” – 12-13 czerwca 2014, Warszawa; „Lotnicze skanowanie laserowe oraz ISOK w badaniu i inwentaryzacji dziedzictwa archeologicznego”, **prezentacja zapraszana**,
- 23) Konferencja organizowana przez Kujawsko - Pomorskiego Wojewódzkiego Inspektora Nadzoru Geodezyjnego i Kartograficznego oraz Stowarzyszenie Geodetów Polskich Oddział 10 czerwca 2014, Przysiek k. Torunia, „Geodezyjne pomiary fotogrametryczne oraz skanowanie laserowe - Geodezyjne pomiary fotogrametryczne w uzupełnieniu ewidencji gruntów i budynków”, **prezentacja zapraszana**,
- 24) European Calibration and Orientation Workshop (EuroCOW 2014), 10-14.02.2014. Cassteldefels, Hiszpania. „Verification and improving planimetric accuracy of airborne laser scanning data with using photogrammetric data”, prezentacja,
- 25) VII Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 11-13.09.2013. Warszawa. „Porównawcza ocena działania dopasowania lotniczych obrazów cyfrowych w spektrum światła widzialnego i bliskiej podczerwieni”, poster,
- 26) VII Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 11-13.09.2013. Warszawa. „Dobór algorytmów ekstrakcji punktów istotnych w generowaniu numerycznych modeli terenu o strukturze hybrydowej na potrzeby zastosowań hydrologicznych”, prezentacja,
- 27) VII Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 11-13.09.2013. Warszawa „Ocena możliwości telefonu typu smartphone dla stworzenia georeferencyjnego modelu 3D wybranego obiektu”, poster,
- 28) VII Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 11-13.09.2013. Warszawa. „Automatyczna detekcja obiektów archeologicznych z danych ALS”, prezentacja,
- 29) 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 17-21.06.2013 r., Albena, Bułgaria; “The effective application of geospatial data in flood hazard and risk map creation”, poster,

- 30) 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 17-21.06.2013 r., Albena, Bułgaria; "The selection of aerial laser scanning parameters for countrywide digital elevation model creation", poster,
- 31) 13th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2013, 17-21.06.2013, Albena, Bułgaria; "The role of structural lines extraction from high-resolution digital terrain models in the process of height data reduction", poster,
- 32) XI Konferencja Naukowo-Techniczna „Aktualne problemy w geodezji inżynierskiej”, 14-16.03.2013 Warszawa, "The usage of airborne laser scanning in engineering applications", prezentacja,
- 33) Konferencja nt. „Metodologiczne i technologiczne aspekty prezentacji rzeźby terenu na mapach topograficznych i ogólnogeograficznych nowej generacji”, 5 października 2012, Warszawa; Bakula K. – Porównanie danych pochodzących ze skaningu laserowego realizowanego w ramach projektu ISOK oraz danych NMT realizowanego w ramach projektu LPIS - przedstawienie wad i zalet obydwu źródeł danych przy przedstawieniu rzeźby terenu na mapach topograficznych, **prezentacja zamawiana**,
- 34) XVIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe PTFIT „Nowe wyzwania dla fotogrametrii, teledetekcji i kartografii w obliczu współczesnych systemów geoinformacji”, 19-21.09.2012, Kazimierz Dolny; „Generalizacja NMT w opracowaniu metodologii reprezentacji rzeźby terenu na mapach topograficznych”, prezentacja,
- 35) XVIII Ogólnopolskie Sympozjum Naukowe PTFIT „Nowe wyzwania dla fotogrametrii, teledetekcji i kartografii w obliczu współczesnych systemów geoinformacji”, 19-21.09.2012, „Zastosowanie cyfrowej kamery niemetrycznej w fotogrametrii lotniczej na wybranych przykładach”, poster,
- 36) V Ogólnopolska Konferencja Doktorantów dyscypliny Geodezja i Kartografia, 17-18.05.2012, Warszawa; „Ocena możliwości wytworzenia podstawowych produktów fotogrametrycznych ze zdjęć cyfrowych pozyskanych z pułapu lotu szybowca”, prezentacja,
- 37) VI Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 21-24 września 2011, Polanica-Zdrój, „Analiza deformacji powierzchni modeli elementów budowlanych pozyskanych ze zdjęć cyfrowych”, poster,
- 38) VI Ogólnopolskie Sympozjum Geoinformatyczne, 21-24.09.2011, Polanica-Zdrój; „Porównanie wpływu wybranych metod redukcji NMT w tworzeniu map zagrożenia powodziowego”, poster,

- 39) Young scientist towards the challenges of modern technology 19-22.08.2011, Warszawa;
“Comparison of six approaches in DTM reduction for flood risk determination”,
prezentacja,
- 40) 7th International Symposium on Mobile Mapping Technology, 13-16.06.2011, Kraków;
“Reduction of DTM obtained from LiDAR data for flood modeling”, poster.

5. Wykaz udziału w komitetach organizacyjnych i naukowych konferencji krajowych lub międzynarodowych, z podaniem pełnionej funkcji.

po uzyskaniu stopnia doktora

- 1) członek komitetu Sterującego Kongresu Geoinformacyjnego 25-27.10.2023 r. Kraków,
- 2) organizator 2nd International Workshop on Evaluation and BENCHMARKing of Sensors, Systems and GEOspatial Data in Photogrammetry and Remote Sensing - 23-24.10.2023 Kraków, Polska (ISRPS/EuroSDR),
- 3) Dyrektor XXVII Kongresu Międzynarodowej Federacji Geodetów (FIG), Warszawa, Polska 11-15.09.2022,
- 4) Członek Komitetu Naukowego 13th Gi4DM conference, 1-3.12.2020, Sydney, Australia,
- 5) Członek komitetu recenzenckiego podczas ISPRS Congress 2020, 6-11.06.2022 Nicea, Francja (ISPRS),
- 6) Przewodniczący komitetu organizacyjnego Workshop and Summer School on Evaluation and Benchmarking of Sensors, Systems and Geospatial Data in Photogrammetry and Remote Sensing, 16-20.09.2019, Warszawa, Polska (ISPRS/EuroSDR),
- 7) Współorganizator SEASC 15th South East Asia Survey Congress, Darwin, Northern Territory Australia 15 – 18.08.2019 (ISPRS),
- 8) Członek Komitetu Naukowego ISPRS TC I Midterm Symposium Innovative Sensing - From Sensors to Methods and Applications 10-12.10.2018, Karlsruhe, Niemcy,
- 9) Członek Program Committee PSIVT2017 Workshop on Passive and Active Electro-Optical Sensors for Aerial & Space Imaging, 20-24.11.2017, Wuhan, China (ISPRS),
- 10) Sekretarz VIII Ogólnopolskiego Sympozjum Geoinformatycznego, 17-18.09.2015, Warszawa-Serock (PTFIT),

przed uzyskaniem stopnia doktora:

- 11) sekretarz II Międzynarodowej Konferencji „Geodezyjne Technologie Pomiarowe”, 23-25.05.2013, Warszawa (PTFIT, WGIK PW),

- 12) Sekretarz 3. Międzynarodowego Kongresu Katastralnego, 23-25.11.2011, Warszawa (SGP/FIG/PCC EU),
 - 13) webmaster chair i sekretarz 7. Międzynarodowego Sympozjum Mobile Mapping Technology, 13-16.07.2011, Kraków (PTFIT/SGP/ISPRS/FIG/ION/IAG).
6. Wykaz uczestnictwa w pracach zespołów badawczych realizujących projekty finansowane w drodze konkursów krajowych lub zagranicznych, z podziałem na projekty zrealizowane i będące w toku realizacji, oraz z uwzględnieniem informacji o pełnionej funkcji w ramach prac zespołów.

W dotychczasowej działalności brałem udział w 20 projektach naukowych, z czego 9 finansowanych przez jednostki zewnętrzne (NCBR, FNP, MEiN). W 11 pełniłem funkcję kierownika.

Projekty trwające:

- 1) „MAST - Cyfrowy bliźniak obiektów masztowych jako innowacyjna usługa inwentaryzacji z wykorzystaniem bezzałogowych statków powietrznych i sztucznej inteligencji”, 2023, **kierownik B+R**, w konsorcjum z firmą Skysnap, POIR NCBR,
- 2) “INKUB - Inwentaryzacja stanu technicznego Nieruchomości KUBaturowych oparta o wykorzystanie BSL i SI”, 2020-2023, **kierownik B+R**, w konsorcjum z firmą Skysnap, POIR NCBR,
- 3) "Doskonalenie metod akwizycji i przetwarzania danych teledetekcyjnych z bezzałogowych platform latających UAV " 2020-2023, **kierownik B+R**, w konsorcjum z firmą Dragonfly Vision, POIR NCBR.

Projekty zrealizowane

- 4) „Synergia i wykorzystanie dużych zbiorów danych z zintegrowanej mobilnej platformy mapowania wyposażonej w LiDAR i GPR”, 2021-2022, **kierownik projektu**,
- 5) "Prace B+R w inwentaryzacji i modelowania kluczowych obiektów infrastruktury technicznej i transportowej w technologii BIM z wykorzystaniem narzędzi AI w procesie przetwarzania danych pozyskanych dronem", 2020-2023, **kierownik B+R**, w konsorcjum z firmą Skysnap, POIR NCBR,
- 6) „Nowe role społeczne kampusów w czasach pandemii. Eksperymentalna przestrzeń interakcji w Politechnice Warszawskiej”, IDUB, 2020-2021, **wykonawca**,

- 7) „Radarowy system korekty nawigacji inercyjnej dla rakiet i amunicji precyzyjnej w oparciu o pokładowe zobrazowania powierzchni ziemi z wykorzystaniem technologii SAR”. NCBR Bezpieczeństwo i Obronność. 2018-2021, **wykonawca**,
- 8) "Opracowanie nowych metod wizualizacji danych katastralnych", grant dziekański, 2016-2017, **współwykonawca**,
- 9) "Badanie dynamiki zmian pokrywy lodowej na Wyspie Króla Jerzego w Antarktyce" grant dziekański, 2016-2017, **współwykonawca**,
- 10) „Zaawansowane technologie wspomagające przeciwdziałanie zagrożeniom związanym z powodziami (SAFEDAM), NCBR Bezpieczeństwo i Obronność, 2015-2020, Przewodniczący Komitetu Sterującego projektu, - **kierownik zarządzający, wykonawca** u lidera konsorcjum,
- 11) „Innowacyjne podejście wspierające monitoring nieleśnych siedlisk przyrodniczych NATURA 2000”, z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych – HabitARS, NCBR Biostrateg 2016-2018, **współwykonawca** konsorcjanta,
- 12) "Ocena możliwości wykorzystania danych fotogrametrycznych z bezzałogowego systemu latającego w wybranych zadaniach geodezyjnych" - grant dziekański, 2015, **współwykonawca**,
- 13) „Badania związane z przetwarzaniem fotogrametrycznym zdjęć pozyskanych z pokładu UAV z wykorzystaniem oprogramowania Pix4D”, grant infrastrukturalny, 2014, **kierownik projektu**,
- 14) „Wykorzystanie lotniczego skaningu laserowego w badaniu średniowiecznych zamków", zespołowy grant dziekański, 2014, **współwykonawca**,
- 15) „Nowe rozwiązania informatyczne wspierające badania młodych naukowców z zakresu przetwarzania obrazów i danych przestrzennych” - grant dziekański infrastrukturalny, 2014, **współwykonawca**,
- 16) „Badania związane z przetwarzaniem danych z lotniczego skanowania laserowego z wykorzystaniem oprogramowania TerraSolid” – zespołowy grant dziekański, 2013, **kierownik projektu**,
- 17) „Zastosowanie skaningu laserowego oraz teledetekcji w ochronie, badaniu i inwentaryzacji dziedzictwa kulturowego. Opracowanie nieinwazyjnych, cyfrowych metod dokumentacji i rozpoznawania zasobów dziedzictwa architektonicznego i archeologicznego" – grant w ramach programu Ministra Nauki i Szkolnictwa Wyższego pod nazwą „Narodowy Program Rozwoju Humanistyki” w latach 2013-2015, **współwykonawca**,

- 18) „Rola współczesnych produktów fotogrametrycznych w opracowaniu prezentacji rzeźby terenu na mapach topograficznych” - grant dziekański, 2013, **kierownik projektu**,
- 19) „Redukcja danych wysokościowych zawartych w numerycznych modelach terenu pozyskanych z lotniczego skaningu laserowego do modelowania hydraulicznego” – grant badawczy finansowany w ramach programu „Ventures” Fundacji na Rzecz Nauki Polskiej ze środków Programu Operacyjnego Innowacyjna Gospodarka (PO IG), w ramach osi priorytetowej 1 „Badania i rozwój nowoczesnych technologii”, Działanie 1.2., 2012-2014, **kierownik grantu badawczego**,
- 20) „Dostosowanie numerycznych modeli terenu na potrzeby modelowania powodziowego” - grant dziekański, 2012, **kierownik projektu**.

7. Wykaz członkostwa w międzynarodowych lub krajowych organizacjach i towarzystwach naukowych wraz z informacją o pełnionych funkcjach.

- European Spatial Data Research (EuroSDR)
 - Delegat Polski, przedstawiciel środowiska akademickiego (Second delegate) od 2017 r.
- Międzynarodowe Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (ISPRS)
 - Przewodniczący Grupy roboczej WG I/6 ISPRS, 2022-2026,
 - Sekretarz Grupy roboczej WG I/10 ISPRS, 2016-2022.
- Międzynarodowa Federacja Geodetów (FIG) – dyrektor Kongresu w 2022 r.
- Association of universities of science and technology in Europe (CESAER)
 - reprezentant Politechniki Warszawskiej od 2019 r.
 - członek Task Force Benchmarking od 2019 r.
- International Committee of Architectural Photogrammetry (CIPA)
 - Członek (regular member) od 2017 r.
- Polskie Towarzystwo Fotogrametrii i Teledetekcji (PTFIT)
 - Przewodniczący Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (PTFIT), 2023-2026,
 - Sekretarz Polskiego Towarzystwa Fotogrametrii i Teledetekcji (PTFIT), członek Zarządu w kadencji, 2013-2016, 2017-2022,
- Stowarzyszenie Geodetów Polskich (SGP)
 - Wiceprezes Stowarzyszenia Geodetów Polskich 2017-2022,

- Członek Zarządu Głównego Stowarzyszenia Geodetów Polskich 2017-2022, 2022-2026,
- Przewodniczący Komisji Współpracy Międzynarodowej ZG SGP, 2023-2026,
- Członek prezydium Zarządu Oddziału warszawskiego, 2017-2022, 2022-2026,
- Przewodniczący Komisji Techniki ZO Warszawa SGP, 2017-2022,
- Przewodniczący Komisji Zawodu ZO Warszawa SGP, 2023-2026,
- Członek Komisji Młodej Kadry ZO Warszawa SGP, 2017-2022,
- Prezes Koła Politechnika Oddział Warszawa, 2017-2022,
- Członek Stowarzyszenia Geodetów Polskich od 2012 r.
- Polskie Towarzystwo Geograficzne Oddział Teledetekcji (PTG) - członek od 2015 r.

8. Wykaz staży w instytucjach naukowych lub artystycznych, w tym zagranicznych, z podaniem miejsca, terminu, czasu trwania stażu i jego charakteru.

po uzyskaniu stopnia doktora:

- 1) University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering (Słowenia), 17-21.02.2023 – wizyta studyjna, NAWA,
- 2) Swisstopo (Szwajcaria) 2-5.11.2022 - wizyta studyjna, EuroSDR,
- 3) TU Dublin (Irlandia) 11-13.05.2022 - wizyta studyjna, EuroSDR,
- 4) Ministry of Interior, Department of Lands and Surveys (Cypr) 13-15.11.2019 – wizyta studyjna, EuroSDR,
- 5) Universitat Politecnica de Valencia, School of Engineering in Geodesy, Cartography and Surveying (Hiszpania), 29.05-4.06.2019 – wyjazd krótkookresowy, Erasmus+, Staff mobility for teaching,
- 6) Federal Office of Metrology and Surveying (BEV) (Austria) 22-24.05.2019 – wizyta studyjna, EuroSDR,
- 7) University of Ljubljana, Faculty of Civil and Geodetic Engineering (Słowenia), 23-25.05.2018 – wizyta studyjna, EuroSDR,
- 8) Finnish Geospatial Research Institute (Finlandia), 18-20.10.2017 – wizyta studyjna, EuroSDR.

9. Wykaz członkostwa w komitetach redakcyjnych i radach naukowych czasopism wraz z informacją o pełnionych funkcjach (np. redaktora naczelnego, przewodniczącego rady naukowej, itp.).

- 1) redaktor techniczny prowadzący wydawnictwo Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji od 2012 r. (obecnie 40 punktów na liście MEiN), redaktor zeszytów vol. 22, 27-34 oraz wydania specjalnego „Geodezyjne Technologie Pomiarowe” (2013),
- 2) redaktor tematyczny w obszarze tematycznym fotogrametria Przeglądu Geodezyjnego od 2016 r. (obecnie 40 punktów na liście MEiN),
- 3) członek Reviewer Board w czasopiśmie Sensors MDPI (2019-2022).

10. Wykaz recenzowanych prac naukowych lub artystycznych, w szczególności publikowanych w czasopismach międzynarodowych.

Recenzent kilkudziesięciu publikacji w międzynarodowych i krajowych czasopismach, wśród których wymienić można międzynarodowe: Journal of Applied Science, Photogrammetric Engineering & Remote Sensing, International Journal of Applied Earth Observations and Geoinformation, Remote Sensing, Sensors, Minerals, ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Journal of Geoscience and Environment Protection, IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing, Applied System Innovation, Geoscience and Remote Sensing Letters IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, ISPRS International Journal of Geo-Information, a także krajowe: Reports on Geodesy and Geoinformatics, Geodesy and Cartography, Przegląd Geodezyjny, Archiwum Fotogrametrii, Kartografii i Teledetekcji, Prace Geograficzne, Acta Scientiarum Polonorumseria Geodesia et DescriptioTerrarum.

11. Wykaz uczestnictwa w programach europejskich lub innych programach międzynarodowych.

- 1) "Rozwój strategicznej współpracy Politechniki Warszawskiej i Politechniki Lwowskiej w zakresie geomatyki", Partnerstwa Strategiczne, NAWA, 2022-2024, **kierownik**,
- 2) "Szkoly letnie geomatyki i inżynierii lotnictwa na Politechnice Warszawskiej", SPINAKER - intensywne międzynarodowe programy kształcenia 2020, NAWA, 2021-2023, **kierownik w jednostce**.

12. Wykaz udziału w zespołach badawczych, realizujących projekty inne niż określone w pkt. II.9.

- 1) External Scientific Advisory Board member dla projektu GATHERS (H2020) – Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
- 2) Ekspert w EO/GI Body of Knowledge, od 2019 <http://www.eo4geo.eu/bok/>

13. Wykaz uczestnictwa w zespołach oceniających wnioski o finansowanie badań, wnioski o przyznanie nagród naukowych, wnioski w innych konkursach mających charakter naukowy lub dydaktyczny.

- 1) European Spatial Data Research (EuroSDR) - recenzent w konkursie na najlepszą pracę doktorską (od 2017),
- 2) Narodowego Centrum Badań i Rozwoju - członek zespołu eksperckiego projektów POIR w latach 2017-2022,
- 3) Stowarzyszenie Geodetów Polskich (SGP) - recenzent w konkursie na najlepszą pracę z zakresu geodezji i kartografii, 2015-2021,
- 4) IEEE/4Science Institute - recenzent i koordynator w konkursie na najlepszą pracę z zakresu geonauk i teledetekcji na Politechnice Warszawskiej.

III. WSPÓŁPRACA Z OTOCZENIEM SPOŁECZNYM I GOSPODARCZYM

1. Wykaz wdrożonych technologii

- 1) "Opracowanie nowej usługi i metodyki wykonywania pomiarów stanowiących wsparcie w dokumentacji wypadków drogowych za pomocą fotogrametrycznej inwentaryzacji wypadków przy użyciu bezzałogowych statków powietrznych" - wdrożenie technologii dla Infomatico Tomasz Kozłowski w ramach finansowania z Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Mazowieckiego; 2016-2017, **kierownik prac**,
- 2) "Dostawa bezzałogowego systemu pomiarowego (skaner laserowy i kamera)" - wdrożenie w OTKZ IMiGW-PIB wykonane wraz z Marcin Szender MSP – wdrożenie platformy wraz z metodyką przetwarzania danych i szkoleniami, 2015, **kierownik prac PW**.

2. wykaz wykonanych ekspertyz lub innych opracowań wykonanych na zamówienie instytucji publicznych lub przedsiębiorców.

Poniżej zestawiono 22 ekspertyzy, spośród których w 8 pełniłem funkcje kierownika prac. Ponadto wykonałem 55 ekspertyz fotogrametrycznych dla sądów rejonowych i okręgowych i 3 dla jednostek samorządowych prowadzących postępowania administracyjne. Razem jest to 80 prac eksperckich.

- 1) Wykonanie ekspertyzy walidacji dwóch ortofotomap opracowanych w oparciu o zobrazowanie z satelitów SpaceWill SV-1 i SV-2; ARIMR, 2023, **kierownik i wykonawca**,
- 2) Ekspertyza walidacji ortofotomapy opracowanej w systemie fotogrametrycznym Trimble UX5 na pułapach 100m, 200m i 300m nad poziomem terenu na zlecenie Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, 2019, **kierownik i wykonawca**,
- 3) Ekspertyza walidacji odbiornika GNSS SP60 zgodnie z wytycznymi Joint Research Centre "Area measurement tool validation method" na zlecenie Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa, 2019, **kierownik i wykonawca**,
- 4) Kontrola jakości danych i produktów pozyskanych na potrzeby projektu pn. "Inwentaryzacja i ocena stanu zasobów przyrodniczych WPN przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii teledetekcyjnych" realizowana na zlecenie Wielkopolskiego Parku Narodowego, 2019, **wykonawca**,
- 5) Kontrola jakości danych i produktów pozyskanych na potrzeby projektu pn. "Inwentaryzacja i ocena stanu zasobów przyrodniczych WGN przy wykorzystaniu nowoczesnych technologii teledetekcyjnych" realizowana na zlecenie Wigierskiego Parku Narodowego, 2019-2020, **wykonawca**,
- 6) Kontrola jakościowa i wsparcie merytoryczne projektu pn. „Ocena stanu wybranych elementów środowiska przyrodniczego Biebrzańskiego Parku Narodowego metodami teledetekcyjnymi" w ramach działania 2.4 oś priorytetowa II Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2014-2020 – praca zlecona, 2019-2022, **wykonawca prac**,
- 7) Kontrola fotoplanu m st. Warszawy, 2018, **wykonawca**,
- 8) Kontrola ilościowa i jakościowa pozyskanych zdjęć lotniczych oraz ortofotomapy dla powiatu mińskiego, 2018, **kierownik i wykonawca**,
- 9) Wykonanie cyfrowej ortofotomapy archiwalnej oraz mozaiki fotoszkieł dla obszaru Powiatu Mińskiego z wyłączeniem miasta Sulejówek i zachodniej części gminy Halinów, 2017, **kierownik i wykonawca**,
- 10) Wykonanie zdjęć lotniczych i fotoplanu m.st. Warszawy” - kontrola fotoplanu m st. Warszawy, 2017, **wykonawca**,

- 11) "Opracowanie metodyki oceny dokładności modeli 3D miast, utworzonych z danych fotogrametrycznych, według standardów LOD1, LOD2 oraz modeli w strukturze siatek trójwymiarowych (3D mesh), 2018, **wykonawca**,
- 12) Opinia ekspercka dotycząca wykonania i dostawy barwnych zdjęć lotniczych oraz wykonanie na ich podstawie ortofotomapy wraz z aktualizacją istniejącego numerycznego modelu terenu dla obszaru Miasta Łodzi, 2018, **wykonawca**,
- 13) Ekspertyza walidacji ortofotomapy zobrazowania satelitarnego WorldView4 – praca zlecona dla ARIMR, 2017, **kierownik i wykonawca**,
- 14) "Opracowania standardów badań polegających na analizie wyników LiDAR w celu rozpoznania zasobów dziedzictwa archeologicznego w ramach programu AZP, wraz z analizą danych dla przykładowych dwóch sąsiadujących obszarów AZP i przeprowadzeniem szkoleń dla pracowników Zamawiającego" - praca zlecona dla Narodowego Instytutu Dziedzictwa, 2016, **kierownik i wykonawca**,
- 15) "Ekspertyza dotycząca przestrzennego modelu 3D dla obszaru m. st. Warszawy" ekspertyza etap II na zlecenie Biura Geodezji i Katastru w Warszawie, 2016, **główny wykonawca**,
- 16) "Ekspertyza dotycząca modelu przestrzennego 3D dla obszaru m. st. Warszawy"- ekspertyza dla 300DC i WISIPISI na zlecenie Biura Geodezji i Katastru w Warszawie, 2016, **główny wykonawca**,
- 17) „Raport z kontroli ilościowej i jakościowej pozyskanych danych teledetekcyjnych" dla Biebrzańskiego Parku Narodowego, praca wdrożeniowa, 2016, **wykonawca**,
- 18) "Wykonanie teledetekcyjnej analizy środowiska przyrodniczego SPN oraz wyposażenie w narzędzia informatyczne na potrzeby zarządzania obszarem chronionym", praca wdrożeniowa, 2015-2016, **wykonawca**,
- 19) „Opracowanie standardu mapy numerycznej 3D dla potrzeb modernizacji linii kolejowej" – zamówienie PKP Polskie Linie Kolejowe; 2012-2013, **wykonawca**,
- 20) „Opracowanie metodologii reprezentacji rzeźby terenu na mapach topograficznych i ogólnogeograficznych w skalach: 1:10 000, 1:25 000, 1:50 000, 1:100 000, 1:250 000, 1:500 000, 1:1 000 000 na podstawie danych znajdujących się w centralnej części państwowego zasobu geodezyjnego i kartograficznego” – projekt wdrożeniowy w ramach umowy z Głównym Urzędem Geodezji i Kartografii; 2012, **kierownik części IV projektu** dotyczącej m.in. porównania danych pochodzących ze skaningu laserowego i projektu LPIS, określenia procesu generalizacji danych wysokościowych, używanych algorytmów i parametrów generalizacji dla poszczególnych skal,

- 21) „Opracowanie innowacyjnej metodyki integracji danych ze skaningu naziemnego i obrazów cyfrowych dla wytwarzania dokumentacji fotogrametrycznej wybranej elewacji Pałacu w Wilanowie”, 2012; **współwykonawca**,
- 22) „Rekonstrukcja i modelowanie powierzchni elementów blachy” – zlecenie wykonane Wydziału Inżynierii Lądowej Politechniki Warszawskiej, 2011; **wykonawca**.

3. Wykaz udziału w zespołach eksperckich lub konkursowych.

- 1) Państwowa Rada Geodezji i Kartografii, GUGIK, wice-przewodniczący 2019-2022,
- 2) członek zespołu GUGIK ds. aktualizacji rozporządzenia fotogrametrycznego 2018-2019,
- 3) członek zespołu eksperckiego Narodowego Centrum Badań i rozwoju w kadencji 2017-2022,
- 4) członek podzespołu nr 2 zespołu doradczego Ministra Infrastruktury i Budownictwa do spraw rozwiązań systemowych w geodezji i kartografii, 2017.

IV. DANE NAUKOMETRYCZNE

1. Impact Factor (w dziedzinach i dyscyplinach, w których parametr ten jest powszechnie używany jako wskaźnik naukometryczny)

Sumaryczny impact factor publikacji naukowych według listy Journal Citation Reports (JCR), zgodnie z rokiem opublikowania wynosi **35,506** (w tym 34,733 po doktoracie)

2. Liczba cytowań publikacji wnioskodawcy, z oddzielnym uwzględnieniem autocytowań

– według bazy Web of Science	221
– według bazy Scopus	369
– według bazy Google Scholar	681

3. Indeks Hirscha

– według bazy Web of Science	8
– według bazy Scopus	10
– według Google Scholar	14

.....

(podpis wnioskodawcy)