

Poznań, 9 maja 2024 r.

Prof. dr hab. inż. Mariusz Sojka
Katedra Melioracji, Kształtowania Środowiska i Gospodarki Przestrzennej
Wydział Inżynierii Środowiska i Inżynierii Mechanicznej
Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu
ul. Piątkowska 94, 60-649 Poznań

RECENZJA

rozprawy doktorskiej **mgr. Szymona Śledzia**

pt. *„Optymalizacja przetwarzania zdjęć z bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby analizy dynamiki rzeźby terenu w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej”*

zrealizowanej w Szkole Doktorskiej Nauk Przyrodniczych

Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych

Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu

Promotorzy: **prof. UAM dr hab. Jan Piekarczyk**

prof. UAM dr hab. Marek Ewertowski

1. Podstawa formalno-prawna opracowania recenzji

Podstawą opracowania recenzji, jest uchwała nr 48-2023/2024 Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu z dnia 30 kwietnia 2023 roku, w sprawie zmiany uchwały 38-2023/204 z dnia 27 lutego 2024 roku w sprawie wyznaczenia recenzentów w postępowaniu w sprawie nadania stopnia naukowego doktora mgr. Szymonowi Śledziowi.

2. Przedmiot, charakterystyka ogólna i ocena formalna rozprawy doktorskiej

Przedmiotem recenzji jest rozprawa doktorska mgr. Szymona Śledzia pt. *„Optymalizacja przetwarzania zdjęć z bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby analizy dynamiki rzeźby terenu w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej”*, zrealizowana w Szkole Doktorskiej Nauk Przyrodniczych, Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu pod kierunkiem prof. UAM dr. hab. Jana Piekarczyka oraz prof. UAM dr. hab. Marka Ewertowskiego. Recenzja została przygotowana zgodnie z przepisami ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce z dnia 20 lipca 2018 r (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.). Rozprawa doktorska ma formę zbioru powiązanych tematycznie artykułów opublikowanych w czasopiśmie naukowych w latach 2021-2023. W skład zbioru wchodzi trzy artykuły naukowe:

- I Śledź, S., Ewertowski, M. W., Piekarczyk, J. (2021). Applications of unmanned aerial vehicle (UAV) surveys and Structure from Motion photogrammetry in glacial and periglacial geomorphology. *Geomorphology*, 378, 107620.
- II Śledź, S., Ewertowski, M. W. (2022). Evaluation of the influence of processing parameters in structure-from-motion software on the quality of digital elevation models and orthomosaics in the context of studies on earth surface dynamics.

Remote Sensing, 14(6), 1312.

- III Śledź, S., Ewertowski, M. W., Evans, D. J. (2023). Quantification of short-term transformations of proglacial landforms in a temperate, debris-charged glacial landsystem, Kviárjökull, Iceland. *Land Degradation & Development*, 34(17), 5566-5590.

Cykl publikacji składających się na rozprawę doktorską został opracowany i przedłożony jako rozprawa doktorska. Rozprawa ma standardowy układ i obejmuje: stronę tytułową, spis treści, podziękowania, streszczenia w języku polskim i angielskim oraz wykaz prac naukowych. Zasadniczą część rozprawy stanowi autoreferat. Wstęp wprowadza w podjętą problematykę badawczą. W kolejnych podrozdziałach zaprezentowano zarys treści poszczególnych artykułów, wybrane elementy dyskusji wyników oraz syntetyczne podsumowanie. Autoreferat zamyka wykaz cytowanej literatury. Integralną część rozprawy doktorskiej stanowią kopie opublikowanych prac wchodzących w skład zbioru oraz oświadczenia współautorów.

Artykuły wchodzące w skład dysertacji zostały przygotowane pod opieką promotorów. W jednym z artykułów współautorem jest profesor David J. A. Evans z Durham University. Zaangażowanie mgr. Szymona Śledzia w przygotowanie artykułów określono na podstawie załączonych oświadczeń, w których szczegółowo zaprezentowano udział i rolę Kandydata. W artykule I mgr Szymon Śledź przygotował koncepcję, opracował metodologię i kwerendę literatury, opracował bazę danych oraz dokonał jej analizy, opracował ryciny, przygotował manuskrypt z załącznikami, opracował odpowiedzi na uwagi zawarte w recenzjach, a także zarządzał procesem publikacji. Wkład Kandydata w przygotowanie artykułu II polegał na: opracowaniu koncepcji oraz metodyki badań, przygotowaniu przeglądu literatury, wykonaniu pomiarów terenowych fotopunktów, przeprowadzeniu nalotów bezzałogowym statkiem powietrznym, fotogrametrycznym przetworzeniu obrazów i opracowaniu modeli wysokościowych terenu oraz ortomozaik, opracowaniu skryptów oraz rycin, przygotowaniu manuskryptu i załączników a także odpowiedzi na uwagi zawarte w recenzjach, zarządzaniu procesem publikacji oraz pozyskaniem środków na publikację w otwartym dostępie (Open Access). W III artykule mgr Szymon Śledź był odpowiedzialny za: opracowanie koncepcji artykułu, przygotowanie przeglądu literatury, opracowanie metodologii, przeprowadzenie części nalotów bezzałogowym statkiem powietrznym, wykonanie pomiarów terenowych fotopunktów, fotogrametryczne przetworzenie obrazów i opracowanie serii modeli wysokościowych terenu oraz ortomozaik, analizę zmian form terenowych oraz zobrazowań satelitarnych, analizę wyników, opracowanie części rycin, przygotowanie manuskryptu i odpowiedzi na uwagi zawarte w recenzjach, zarządzanie procesem publikacji oraz pozyskaniem środków na publikację w otwartym dostępie (Open Access).

Artykuły wchodzące w skład zbioru zostały opublikowane w czasopismach naukowych *Geomorphology*, *Remote Sensing* i *Land Degradation & Development*. Wszystkie artykuły zostały opublikowane w czasopismach ujętych w bazie *Journal of Citation Reports (JCR)*. Wskaźnik wpływu *Impact Factor* w roku opublikowania artykułów wynosił odpowiednio

4,139; 5,349 i 4,377. Według bazy Scopus wyżej wymienione czasopisma w roku opublikowania znajdowały się odpowiednio w 93, 90 i 91 percentylu. Natomiast wg bazy Web of Science czasopismo Remote Sensing w roku opublikowania znajdowało się w Q1 czasopism z kategorii Geosciences, czasopismo Geomorphology w Q2 czasopism z kategorii Geography oraz Geosciences, a Land Degradation & Development w Q2 czasopism z kategorii Environmental Sciences and Soil Science. Czasopisma, w których zostały opublikowane artykuły naukowe stanowiące rozprawę doktorską są przypisane do dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku.

Oświadczenia załączone do autoreferatu prezentują indywidualny merytoryczny wkład każdego z autorów w powstanie artykułów. Przedstawiony zestaw publikacji nie budzi zastrzeżeń w kontekście wkładu wniesionego przez mgr. Szymona Śledzia w ich przygotowanie. W każdym artykule Kandydat jest pierwszym autorem i autorem korespondencyjnym, a jego wkład merytoryczny związany z przygotowaniem artykułów był wiodący. Pod względem formalnym rozprawa doktorska mgr. Szymona Śledzia spełnia wymagania określone w art. 187. ust. 4 i 5 Ustawy Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce. Rozprawa ma formę zbioru opublikowanych i powiązanych tematycznie artykułów naukowych, do której załączono streszczenia w języku polskim i angielskim. Dwa z trzech artykułów zostały opublikowane w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution (CC BY). W przypadku artykułu I dostęp do niego na stronie czasopisma Geomorphology jest ograniczony.

3. Ocena merytoryczna rozprawy

Rozwój rynku bezzałogowych statków powietrznych (BSP) w obszarze produkcji dronów i kamer, oprogramowania do obsługi dronów i planowania misji oraz oprogramowania do przetwarzania zdjęć pozyskanych z BSP otworzyły nowe możliwości w zakresie prowadzenia badań terenowych. Obecnie na rynku dostępnych jest wiele niskobudżetowych rozwiązań, które z powodzeniem były lub mogą być w przyszłości stosowane w badaniach naukowych. Dotyczy to głównie nauk o Ziemi i środowisku, w tym geomorfologii i sedymentologii. Kluczowy z punktu widzenia badań z zakresu geomorfologii glacialnej jest dostęp do wysokiej jakości cyfrowych modeli wysokościowych oraz wysokorozdzielczych ortomozaik. Decydujący wpływ na jakość uzyskanych produktów poza właściwym zaplanowaniem badań i najczęściej wykonaniem pomiarów towarzyszących mają parametry kamer wykorzystanych do obrazowania, parametry lotu i obrazowania, parametry zdjęć oraz sposób ich przetwarzania. W ciągu ostatnich 10 lat BSP w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej wykorzystywane był wielokrotnie. Mimo, że na potrzeby takich badań opracowane zostały wzorcowe schematy postępowania oraz zalecenia prezentujące tzw. „najlepsze praktyki” wciąż można wskazać luki badawcze. Dotyczy to między innymi wpływu sposobu przetwarzania zdjęć na jakość cyfrowych modeli wysokościowych, ortomozaik czy powtarzalność wyników. Mając na uwadze luki w aktualnym stanie wiedzy oraz aspekty praktyczne towarzyszące badaniom środowiskowym, mgr Szymon Śledź podjął się bardzo trudnego zadania, którym było dokonanie optymalizacji procesu przetwarzania zdjęć z BSP w celu tworzenia wysokiej

jakości cyfrowych modeli wysokościowych oraz ortomozaik. Produkty te są powszechnie wykorzystywane w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej między innymi do analizy dynamiki rzeźby terenu. Uważam, że podjęta problematyka jest istotna z naukowego punktu widzenia, bowiem pozwala na poznanie wpływu parametrów zakładanych na etapie przetwarzania zdjęć w programie Agisoft Metashape na jakość cyfrowego modelu wysokościowego oraz ortomozaiki. Problematyka rozprawy wpisuje się w aktualne kierunki badań w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku, w zakresie kartowania geomorfologicznego z wykorzystaniem nowoczesnych narzędzi badawczych do pozyskiwania, przetwarzania i analizowania danych. Szczególnie w ostatnich latach obserwowany jest rozwój badań ilościowych w geomorfologii glacialnej, które bazują na danych pochodzących z wielu różnych źródeł i okresów.

Mgr Szymon Śledź w swojej dysertacji przedstawił cel główny, którym było określenie optymalnych warunków wykorzystania metody Structure-from-Motion (SfM) do przetwarzania zdjęć pozyskiwanych z niskiego pułapu z wykorzystaniem BSP na potrzeby badań z zakresu geomorfologii glacialnej. Dla osiągnięcia zasadniczego celu dysertacji mgr Szymon Śledź określił cztery cele szczegółowe, które obejmowały: (1) określenie luk badawczych w zakresie wykorzystania BSP w badaniach geomorfologicznych oraz metod przetwarzania zdjęć w oprogramowaniu fotogrametrycznym metodą SfM; (2) poznanie wpływu sposobu przetwarzania zdjęć metodą SfM na dokładność produktów fotogrametrycznych; (3) dokonanie optymalizacji sposobu przetwarzania zdjęć z BSP metodą SfM oraz (4) wykorzystanie w warunkach rzeczywistych (lodowca Kviárjökull na Islandii) zaproponowanych rozwiązań do analizy dynamiki rzeźby terenu na przedpolu lodowca.

W artykule I mgr Szymon Śledź dokonał przeglądu literatury w zakresie wykorzystania BSP oraz cyfrowej fotogrametrii w geomorfologii glacialnej i peryglacialnej w szczególności do opisu i rozpoznawania form terenu i krajobrazów. Kwerenda obejmowała analizę artykułów naukowych zgromadzonych w bazach Web of Science, Scopus i Google Scholar. Autor przeanalizował łącznie 62 artykuły, które zostały opublikowane w latach 2013–2020. Tak zgromadzony materiał został przeanalizowany pod kątem: miejsca realizacji badań, powierzchni objętej badaniami, rodzaju wykonywanych badań, typu wykorzystanego bezzałogowego statku powietrznego i sensora, sposobu planowania i prowadzenia misji BSP, rozdzielczości przestrzennej powstałych produktów oraz napotkanych problemów. W kolejnej części tego artykułu omówiono przegląd zastosowań produktów fotogrametrycznych w geomorfologii glacialnej i peryglacialnej w szczególności w odniesieniu do kartowania geomorfologicznego, analizy dynamiki zmian rzeźby, badania procesów tworzenia form polodowcowych, badaniach właściwości sedimentologicznych i morfologicznych współczesnych form polodowcowych. Ważną częścią artykułu z punktu widzenia kolejnych etapów pracy doktorskiej było przeanalizowanie zasad wykorzystania BSP i metody SfM w geomorfologii glacialnej. Artykuł zamyka rozdział prezentujący perspektywiczne kierunki wykorzystania BSP i SfM w badaniu procesów rozwoju i przemian form przedpola lodowców, możliwości równoczesnego wykorzystania danych pozyskiwanych z powierzchni Ziemi (pułap naziemny) i niskiego pułapu lotniczego,

możliwości wykorzystania fotogrametrii cyfrowej SfM do przetwarzania archiwalnych zdjęć, a także wykorzystania dostępnych w sieci Internet zdjęć i materiałów wideo wykonanych przez lokalną społeczność lub turystów, które są udostępniane w mediach społecznościowych. Przedstawiony przegląd literatury dobrze obrazuje trendy w zakresie wykorzystania BSP i SfM w geomorfologii glacialnej, sposobu przygotowania, planowania i prowadzenia misji BSP, a także w zakresie sposobu przetwarzania danych oraz ich wykorzystania w kartowaniu geomorfologicznym. Przeprowadzona analiza wskazuje na wysoki potencjał wykorzystania tego typu rozwiązań do kartowania poszczególnych form, zespołów czy nawet przedpola całego lodowca. Wykorzystanie BSP jest bardziej elastyczne w odniesieniu do innych metod, co pozwala na gromadzenie w sposób systematyczny materiałów niezbędnych do ilościowej oceny dynamiki zmian występujących na przedpolu lodowca oraz poznanie reakcji na zachodzące zmiany klimatyczne. Najciekawszym elementem artykułu jest przedstawienie potencjalnych kierunków rozwoju badań geomorfologicznych z wykorzystaniem danych pozyskiwanych głównie z BSP oraz przetwarzanych z wykorzystaniem metody fotogrametrii cyfrowej SfM.

W artykule II mgr Szymon Śledź dokonał oceny wpływu przyjętych parametrów przetwarzania zdjęć uzyskanych z misji BSP w oprogramowaniu Agisoft Metashape na jakość cyfrowego modelu wysokościowego i ortomozaiki, a także czas obliczeń. Podczas badania odniesiono się do trzech etapów przetwarzania zdjęć w programie Agisoft Metashape. Pierwszy etap obejmuje proces łączenia zdjęć (tzw. "formowanie bloku"), który polega na obliczeniu wzajemnej orientacji zdjęć w oparciu o automatycznie wyznaczone punkty wiążące. Na tym etapie ustalany był parametr pomiaru punktów wiążących na zdjęciach (5 ustawień) oraz określana była maksymalna liczba szczegółów wykrywanych na zdjęciach oraz maksymalna liczba szczegółów wybieranych jako punkty wiążące (3 ustawienia). W kolejnych etapach przetwarzania dokonano wyrównania bloku zdjęć ustalając liczbę i rodzaj parametrów wykorzystywanych do optymalizacji ustawień kamery (5 ustawień) oraz ustalono parametry tworzonej gęstej chmury punktów (5 ustawień). W badaniu wykorzystano 82 zdjęcia pozyskane z obszaru proglacialnego lodowca Breiðamerkur w Islandii oraz dane dla 40 fotopunktów oraz 30 punktów kontrolnych. Biorąc pod uwagę założone kombinacje ustawień podczas przetwarzania zdjęć w programie Agisoft Metashape Kandydat uzyskał łącznie 375 wariantów obliczeniowych. Wyniki tych badań wykazały, że w 195 przypadkach nie udało się wygenerować produktów fotogrametrycznych. W 70 przypadkach spowodowane to było ustawieniem parametru łączenia zdjęć na poziomie bardzo niskim, a w 120 przypadkach wynikało to z niskiej liczby i rodzaju parametrów użytych do optymalizacji. Spośród pozostałych wariantów przetwarzania, które pozwoliły na wygenerowanie oczekiwanych produktów Kandydat wytypował wariant najszybszy, optymalny i najbardziej dokładny. W tym celu dokonał analizy jakości cyfrowych modeli wysokościowych w odniesieniu do punktów kontrolnych obliczając pierwiastek średniego błędu kwadratowego (RMSE) i odchylenie standardowe, a także rozdzielczość przestrzenną modelu oraz czas przetwarzania danych. Dla wytypowanych wariantów opracował skrypty w języku Python, które pozwalają

na częściowe zautomatyzowanie procesu przetwarzania danych. W odniesieniu do jakości ortomozaik określono ich rozdzielczość przestrzenną. Przyjęty w artykule sposób postępowania pozwolił na poznanie wpływu różnych kombinacji ustawień parametrów przetwarzania zdjęć w programie Agisoft Metashape na błędy cyfrowego modelu wysokościowego oraz jego rozdzielczość.

W artykule III mgr Szymon Śledź przedstawił wyniki analizy krótkoterminowych zmian krajobrazu na przedpolu lodowca Kvíárjökull zlokalizowanego w południowo-wschodniej Islandii na podstawie cyfrowych modeli wysokościowych i ortomozaik opracowanych na podstawie zdjęć z BSP. Podczas analizy wykorzystał serie zdjęć pozyskanych w latach 2014, 2016, 2021 i 2022. Do przetwarzania zdjęć w środowisku programu Agisoft Metashape Kandydat wykorzystał opracowany własny skrypt przygotowany w języku Python (Artykuł II), który pozwolił na częściowe zautomatyzowanie procesu obliczeniowego. Efektem przetwarzania danych były cyfrowe modele wysokościowe oraz ortomozaiki. Ze względu na fakt, że ostatni nalot został wykonany za pomocą BSP firmy DJI klasy Phantom 4 RTK, podczas przetwarzania zdjęć Kandydat postanowił wykorzystać schemat zaproponowany przez Nota i współautorów w 2022 roku. W wyniku zastosowania tego schematu dokonano wyrównania zestawu wszystkich zdjęć siedmioma punktami referencyjnymi zaznaczonymi na obrazach z 2022 roku. W ten sposób uzyskano zintegrowaną rzadką chmurę punktów, która została następnie podzielona na cztery niezależne projekty zgodnie z rokiem wykonania nalogów 2014, 2016, 2021 i 2022. W kolejnym kroku w każdym projekcie wygenerowano gęstą chmurę punktów, a następnie cyfrowe modele wysokościowe i ortomozaiki. Rozdzielczość przestrzenna cyfrowych modeli wysokościowych wynosiła od 5,35 do 7,36 cm, a ortomozaik około 3 cm. Powstałe produkty wykorzystano dalej w badaniu dynamiki rzeźby terenu na przedpolu lodowca. Do dalszej analizy wytypowano cztery obszary, które różniły się typem osadów, ukształtowaniem oraz dynamiką i skalą zmian powierzchni terenu. Wyniki tych analiz są bardzo interesujące, lecz nie w pełni związane z głównym celem pracy tj. optymalizacją przetwarzania zdjęć z bezzałogowych statków powietrznych. Jednym z istotnych wyników zaprezentowanym w tej pracy jest natomiast wskazanie ograniczeń metody SfM związane z tworzeniem produktów fotogrametrycznych terenu ze zbiornikami wodnymi.

Mając na uwadze przedstawiony przez mgr. Szymona Śledzia spójny tematycznie zbiór artykułów opublikowanych w czasopismach naukowych za oryginalne i najważniejsze osiągnięcia uznaje:

- Usystematyzowanie stanu wiedzy w zakresie zastosowań BSP i fotogrametrii cyfrowej SfM do tworzenia cyfrowych modeli wysokościowych i ortomozaik wykorzystywanych w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej oraz wskazanie przyszłych kierunków rozwoju tego typu badań;
- Trafne zidentyfikowanie luk badawczych związanych z przetwarzaniem zdjęć z BSP metodami fotogrametrii cyfrowej.
- Określenie wpływu różnych kombinacji parametrów obliczeniowych na jakość cyfrowych modeli wysokościowych tworzonych w programie Agisoft Metashape.

- Opracowanie trzech skryptów w języku Python dedykowanych do programu Agisoft Metashape w celu częściowego zautomatyzowania przetwarzania zdjęć pozyskiwanych z BSP.

Rolą recenzenta rozprawy doktorskiej przygotowanej w formie cyklu publikacji nie jest ponowne recenzowanie artykułów, lecz zwrócenie uwagi na kwestie, które nie zostały w mojej opinii w należyty sposób uwzględnione w tych pracach.

1. Tytuł rozprawy nawiązuje tylko w pewnym zakresie do wyników zaprezentowanych w artykułach naukowych. W erze cyfrowej optymalizacja procesów przetwarzania danych jest niezwykle istotnym aspektem, wynika to rosnącej ilości danych oraz konieczność dokładnego i szybkiego ich przetwarzania przy ograniczonych zasobach sprzętowych. Optymalizacja to proces poszukiwania najlepszego rozwiązania w ramach określonych ograniczeń wykorzystując zdefiniowaną funkcję celu, w moim przekonaniu Kandydat zbyt mało uwagi poświęcił temu aspektowi.
2. W artykule I istniała możliwość przedstawienia charakterystyki oprogramowania wykorzystywanego do przetwarzania zdjęć z BSP oraz opisanie ewentualnych różnic w zakresie metodyki przetwarzania zdjęć oraz wykorzystywanych parametrów. W tym zakresie nasuwa się pytanie, jakie są możliwości wykorzystania otwartego oprogramowania w tego typu analizach?
3. W artykule I interesującym elementem mogło być przedstawienie przyjmowanych przez autorów ustawień poszczególnych parametrów na etapie przetwarzania zdjęć z BSP oraz błędów utworzonych cyfrowych modeli wysokościowych.
4. Czy schematy optymalizacyjne przedstawione w pracy II mają charakter uniwersalny? Czy na wybór schematu optymalizacji mogą wpływać parametry kamery, rozmieszczenie i liczba fotopunktów, parametry lotu, parametry pozyskiwania zdjęć czy parametry zdjęć?
5. W pracy II dokonano oceny jakości cyfrowego modelu wysokościowego na podstawie danych z 30 punktów kontrolnych obliczając wartości RMSE i odchylenia standardowego. Natomiast w odniesieniu ortomozaik, w każdym przypadku wskazano rozdzielczość przestrzenną na poziomie 1,75 cm. Czy Kandydat rozważał użycie bardziej zaawansowanej metody oceny jakości opracowanych ortomozaik np. poprzez określenie przesunięcia punktów kontrolnych? Również ciekawym problemem naukowym jest określenie powtarzalności uzyskiwanych ortomozaik.
6. W artykule II Załącznik 1 zaprezentowano szczegółowo wyniki badań jakości cyfrowych modeli wysokościowych. Artykuł można było rozszerzyć analizą statystyczną oraz podjąć próbę udzielenia odpowiedzi na pytanie, czy pomiędzy cyfrowymi modelami wysokościowymi są istotne różnice? Ponadto interesujące byłoby poznanie odpowiedzi na pytanie: jak obliczone błędy mogą się przekładać na wyniki analizy dynamiki rzeźby terenu przedpola lodowca?
7. Proszę o bardziej szczegółowe wyjaśnienie, w jaki sposób dokonano integracji schematu obliczeniowego zaproponowanego przez Nota i współautorów (2022) ze skryptem numer 2 „Optimal” (Śledź i Ewertowski 2022).

8. W pracy numer III wskazano, że dokonano modyfikacji schematu przetwarzania zdjęć, który w pracy numer II został uznany za optymalny. Czy rzeczywiście ten schemat można było uznać za optymalny? Jeśli tak, to czy należy wziąć pod uwagę jakieś ograniczenia „warunki początkowe”?
 9. Jaki udział w badaniu dynamiki rzeźby terenu w geomorfologii glacialnej może mieć proces przetwarzania zdjęć z BSP metodą SfM?
 10. Jaka jest „akceptowalna” jakość cyfrowych modeli wysokościowych oraz ortomozaik w analizach dynamiki rzeźby terenu w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej?
- Przedstawione powyżej uwagi choć wskazują na pewne niedociągnięcia i potknięcia, które z obowiązku pełnienia funkcji recenzenta muszą zasygnalizować, proszę potraktować je jako punkt wyjścia do podjęcia dyskusji merytorycznej.

4. Podsumowanie i wniosek końcowy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska ma postać spójnego tematycznie zbioru artykułów naukowych, które zostały opublikowane w liczących się czasopismach naukowych o zasięgu międzynarodowym (czasopisma z Q1 i Q2 wg WoS, percentyl od 90 do 93 wg Scopus łączny IF 13,865). Wszystkie artykuły weszły już do międzynarodowego obiegu informacji naukowej poprzez cytowania. Artykuły I i II były już cytowane odpowiednio 61 i 12 krotnie wg bazy Scopus (na dzień 3 maja 2024 roku). Wysoka jakość artykułu przeglądowego wskazuje wysokie umiejętności kandydata oraz potwierdza dużą wiedzę teoretyczną i zainteresowanie tematem. Problematyka rozprawy doktorskiej wpisuje się w aktualny nurt badań ilościowych w geomorfologii glacialnej, gdzie wykorzystywane są wysokorozdzielcze cyfrowe modele wysokościowe i ortomozaiki. Nowatorskim elementem pracy są badania ukierunkowane na poznanie wpływu ustawień parametrów przetwarzania zdjęć z BSP w środowisku programu Agisoft Metashape na jakość cyfrowych modeli wysokościowych. Ponadto oryginalne rozwiązanie stanowią opracowane skrypty w programie Python, które pozwalają na częściowe zautomatyzowanie przetwarzania zdjęć z BSP w programie Agisoft Metashape. Pewien niedosyt może budzić realizacja trzeciego celu pracy tj. dokonania optymalizacji sposobu przetwarzania zdjęć z BSP metodą SfM. Według mojej opinii podejście do tego zagadnienia w artykułach jest dość uproszczone. W artykule II Kandydat wskazuje trzy tzw. „optymalne rozwiązania”, a jedno z tych rozwiązań testuje w warunkach rzeczywistych (Artykuł III). Wyniki testowania pokazały, że rozwiązanie to nie do końca się sprawdza i należy dokonać pewnych modyfikacji. Dlatego nasuwa się pytanie czy rzeczywiście rozwiązanie wcześniej przyjęte było optymalne? Pragnę zaznaczyć, że w badaniach naukowych największy nacisk należy położyć na jakość wyników. W tym konkretnym przypadku cyfrowe modele wysokościowe i ortomozaiki to materiały wyjściowe do dalszych analiz w środowisku GIS. Biorąc pod uwagę przedstawione maksymalny czas przetwarzania zdjęć z BSP (Praca II – ok 5 h) stanowi on ułamek czasu poświęconego na zaplanowanie badań, pozyskanie środków na badania, ich przeprowadzenie czy analizę wyników.

Pomimo wskazanych uwag, pozytywnie oceniam wyniki przedstawione w zbiorze powiązanych tematycznie artykułów składających się na dysertację. Biorąc pod uwagę

uzyskane rezultaty uważam, że w sposób oryginalny został rozwiązany postawiony problem naukowy. Uważam, że mgr Szymon Śledź ma ugruntowaną wiedzę teoretyczną. Bardzo dobrze zna aktualne rezultaty badań krajowych i międzynarodowych, czego dowodem jest publikacja przeglądowa oraz rozdziały stanowiące wprowadzenie do kolejnych artykułów. Kandydat w przejrzysty i czytelny sposób zaprezentował wyniki swoich badań. Analiza i interpretacja wyników jest zasadniczo poprawna, a osiągnięte rezultaty zostały poddane dyskusji z wynikami badań innych autorów.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr. Szymona Śledzia, pt. *„Optymalizacja przetwarzania zdjęć z bezzałogowych statków powietrznych na potrzeby analizy dynamiki rzeźby terenu w badaniach z zakresu geomorfologii glacialnej”*, zrealizowana pod kierunkiem prof. UAM dr. hab. Jana Piekarczyka oraz prof. UAM dr. hab. Marka Ewertowskiego stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, potwierdza ogólną wiedzę teoretyczną w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku oraz umiejętność do samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że zostały spełnione wszystkie przesłanki Ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018 poz. 1668 ze zm.). W związku z tym, przedkładam Panu Przewodniczącemu i Radzie naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu wniosek o dopuszczenie mgr. Szymona Śledzia do dalszych etapów przewodu doktorskiego.



Prof. dr hab. inż. Mariusz Sojka