

## **Recenzja rozprawy doktorskiej Pani mgr inż. Barbary BARZYCKIEJ**

sporządzona na zamówienie

Przewodniczącej Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi dr hab. Ewy Łupikaszy, prof. UŚ (pismo nr WNP/BEOI.411.4.2023 z dnia 18 maja 2023 r.), na podstawie art. 14 ust. 2 pkt 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz.U. z 2017 r., poz. 1789), w związku z art. 179 ust. 2 ustawy z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2023 r., poz. 212).

Temat rozprawy: **Zastosowanie metod teledetekcyjnych i naziemnych do wykrywania zasięgu stref glacialnych lodowców**

Promotor: prof. dr hab. Jacek Jania

Promotor pomocniczy: dr inż. Małgorzata Błaszczyk

### **1. Ocena formalna i metodyczna**

Przedstawiona mi do recenzji rozprawa jest serią trzech współautorskich publikacji, których wspólnym mianownikiem jest wykrywanie zasięgów stref glacialnych lodowców arktycznych na przestrzeni kilku lat z wykorzystaniem metod teledetekcyjnych i naziemnych. Są to następujące publikacje:

- 1) Barzycka, B., Błaszczyk, M., Grabiec, M., Jania, J. (2019). Glacier facies of Vestfonna (Svalbard) based on SAR images and GPR measurements. *Remote Sensing of Environment*, 221, 373–385. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2018.11.020>. Punkty MNiSW: 200. Impact Factor: 13,85.
- 2) Barzycka, B., Grabiec, M., Błaszczyk, M., Ignatiuk, D., Laska, M., Hagen, J.O., Jania, J. (2020). Changes of glacier facies on Hornsund glaciers (Svalbard) during the decade 2007–2017. *Remote Sensing of Environment*, 251, 112060. <https://doi.org/10.1016/j.rse.2020.112060>. Punkty MNiSW: 200. Impact Factor: 13,85.
- 3) Barzycka, B., Grabiec, M., Jania, J., Błaszczyk, M., Pálsson, F., Laska, M., Ignatiuk, D., Aðalgeirsdóttir, G. (2023). Comparison of three methods for distinguishing glacier zones using satellite SAR data. *Remote Sensing*, 15(3), 690. <https://doi.org/10.3390/rs15030690>. Punkty MNiSW: 100. Impact Factor: 5,349.

Wymieniłem je w kolejności chronologicznej, jednocześnie korygując omyłkę pisarską w rozprawie, błędnie przypisując IF oraz punkty w dwóch przypadkach. To marginalny błąd redakcyjny. Wszystkie publikacje prezentują wysoki poziom merytoryczny, a dwie z nich są wydane w jednym z najbardziej prestiżowych czasopism z zakresu teledetekcji środowiska („Remote Sensing of Environment”). Problematyka naukowa z zakresu dyscypliny Nauki o Ziemi dotyczy wykrywania stref glacialnych lodowców, jak i zmian ich zasięgów w odpowiedzi na ocieplenie klimatu. Zakres przeprowadzonych wieloletnich badań jest niezwykle szeroki, pracochłonny i czasochłonny, a zatem udział wielu osób był tu oczywistą koniecznością. Z analizy treści publikacji oraz deklaracji współautorów odnośnie do ich wkładu w proces badawczy, zawartych zarówno w oświadczeniach o współautorstwie, jak i końcowych akapitach każdej publikacji, wyłania się obraz indywidualnego zaangażowania Kandydatki w osiągnięte wyniki naukowe.

**Ocenę metodyczną** rozpocznę od opinii na temat celów rozprawy. Autorka wskazuje: „Głównym celem rozprawy doktorskiej było opracowanie nowych metod teledetekcyjnych i naziemnych do wykrywania zasięgu stref glacialnych lodowców oraz weryfikacja tych metod poprzez zastosowanie na wybranych lodowcach Arktyki”. W tym miejscu nie zgodziłbym się z takim postawieniem sprawy, że „opracowano nowe metody”. Zastosowano metody znane, ale weryfikowano je w niezwykle trudnym środowisku geograficznym dla bardzo ambitnego celu poznawczego. Wachlarz danych, metod pomiarowych i sposobów ich opracowania są w istocie imponujące.

Szczegółowe cele rozprawy przedstawiłbym w innej sekwencji niż w rozprawie, podkreślając ich pewną hierarchiczność, tj. najpierw cel 5: „Określenie zasięgu stref glacialnych lodowców Hornsundu oraz analiza ich zmian w skali dekady”, potem cel 6: „Ustalenie związku pomiędzy zmianami w zasięgach stref glacialnych a powierzchniowym bilansem masy Lodowca Hans”. Jest to bowiem problem naukowy w dyscyplinie Nauki o Ziemi. W dalszej kolejności przywołałbym trzy cele szczegółowe (1–3), które w istocie są testowaniem zaproponowanych metod pomiarowych: „1. Określenie wpływu charakterystyki satelitarnych systemów radarowych SAR na wyniki detekcji stref glacialnych. 2. Rozpoznanie potencjalnych zalet analiz polarymetrycznych PolSAR w porównaniu do współczynnika rozproszenia wstecznego  $\sigma_0$  w wykrywaniu stref glacialnych lodowców. 3. Zbadanie możliwości wykrywania zasięgu stref glacialnych lodowców na podstawie danych georadarowych z użyciem klasyfikacji nienadzorowanej”. Z punktu 5.3 wynika, że „rdzenie z płytkich wierceń lodowcowych (...) zostały wykorzystane jako dodatkowe dane walidacyjne”. Nurtuje mnie zatem pytanie, jakie były podstawowe dane walidacyjne? Jak potraktować w kontekście całej rozprawy pomiary georadarowe (GPR)? Z jednej strony można je uznać za metody teledetekcyjne (dlaczego nie?) i wtedy skonfrontować z wynikami pomiarów/obserwacji SAR/PolSAR na zasadzie cross-walidacji. W tej sytuacji tylko ekspercka analiza zapisów georadarowych byłaby – oprócz rdzeni – elementem walidacji wyników wszystkich metod zdalnych (GPR + SAR). Zwłaszcza że „podobnie jak w przypadku wyników analizy danych SAR (rozdział 5.4), wyniki te [wskaźniki georadarowe IRP oraz IRE – dop. recenzenta] zostały ilościowo porównane do wyników interpretacji wizualnej danych georadarowych z użyciem takich wskaźników jak czułość, precyzja, F-score czy Kappa” (s. 20).

Dłuższego komentarza wymaga podrozdział 5.4 *Metody analizy danych SAR*. Niefortunnie już na początku Autorka wskazuje: „Sigma0 opisuje stosunek energii wysłanej do energii odbitej i zarejestrowanej przez antenę odbiorczą SAR”, powołując się na pracę Reesa (Rees, 2006). Jest to

szkolny błąd, który złożyłbym na karb pośpiechu, gdyż współczynnik  $\Sigma_0$  jest to stosunek mocy rozpraszanego wstecznie sygnału przez tzw. obiekty rozciągnięte do mocy emitowanych impulsów. Współczynnik  $\Sigma_0$  (skalar) może być obliczany dla każdego z kanałów rejestracji o polaryzacji zachowanej (VV lub HH) oraz polaryzacji krzyżowej (ortogonalnej) VH lub HV – niezależnie, bez wchodzenia w relacje między amplitudami polarymetrycznymi determinowanymi przez elementarne mechanizmy rozpraszania (pojedyncze, podwójne, wielokrotne). Wykorzystane dekompozycje polarymetryczne (Pauli i H/A/Alpha) analizują każdy piksel jako trójwymiarowy wektor, poszukując w polarymetrycznej macierzy rozpraszania („scattering matrix”) głównego mechanizmu rozpraszania, charakteryzującego dany obiekt powierzchniowy penetrowany przez mikrofałe. Wykorzystanie obu metod dekompozycji należy uznać za zaletę rozprawy. Zabrakło mi jednak choćby krótkiego komentarza nt. parametru „A” – anizotropii, który pozwala wyeliminować niejednoznaczności w wyznaczeniu entropii H, przy różnej kombinacji wartości własnych macierzy koherencji 3x3. Różne wartości własne  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$  dają niekiedy te same wartości „H”, co prowadzi do błędów klasyfikacji. Zastosowane metody klasyfikacji nie budzą zastrzeżeń.

## 2. Ocena merytoryczna i kwalifikacja rozprawy

W rozprawie osiągnięto interesujące wyniki, które znalazły potwierdzenie w akceptacji do publikacji w renomowanych czasopismach. Detekcja stref glacialnych lodowców z użyciem danych naziemnych (w istocie georadaru GPR) okazała się satysfakcjonująca, a zaproponowana metodyka skuteczna. Autorka wie, jak w przyszłości można poprawić wyniki i czego się wystrzegać w metodyce z użyciem GPR.

Detekcja stref glacialnych lodowców z użyciem danych satelitarnych SAR jest dużo bardziej problematyczna i złożona. Autorka jest zmuszona do porównywania wyników osiągniętych przy dwóch długościach fal (pasmo C i L) i różnych układach polaryzacyjnych, bez znajomości *a priori* struktury substratu, który penetruje mikrofała, a więc przybliżonej choćby oceny głębokości penetracji. A pionowa struktura warstw obszarów lodowcowych to poszukiwana nowa wiedza. Szorstkość powierzchni i jej właściwości dielektryczne stanowią dwie podstawowe zmienne modyfikujące powracający sygnał. Przy dłuższej fali (L) wewnętrzna struktura lodu i pokrywy śnieżnej tworzy specyficzne warunki rozproszenia penetrujących fal i często trudno jest Autorce określić przyczynę rozróżniania lub nierozróżniania poszczególnych poszukiwanych klas. Stąd pojawiają się w rozprawie stwierdzenia „prawdopodobnie”, „przypuszczalnie” itp. Kluczowym zdaniem opisującym wyniki klasyfikacji danych pełno-polarymetrycznych jest sformułowanie: „Jednakże żadna z analizowanych metod klasyfikacji nie daje jednoznacznie najlepszych wyników dla wszystkich przypadków, aby móc być rekomendowaną jako najbardziej adekwatna dla kartowania stref glacialnych” (s. 25). I kolejne zdanie, chyba najlepiej odzwierciedlające stan wiedzy po wykonaniu przedstawionych w rozprawie eksperymentów: „Istnieją zależności pomiędzy poszczególnymi strefami glacialnymi a możliwościami ich wykrywania przez poszczególne metody”.

Z rozprawy wyłania się, jak miemam, pewien niedosyt Autorki, która upatrywała skutecznej metody klasyfikacji stref glacialnych na podstawie danych pełno-polarymetrycznych, szczególnie w pasmie „L” i polaryzacji krzyżowej HV. Silny sygnał komponentu HV to dowód na dominujące rozproszenie

objętościowe, które jest typowe dla pokrywy roślinnej w strefach umiarkowanych, ale też dla anizotropowej, granularnej, zrandomizowanej struktury cząsteczek lodu, o której obrazowo pisze w swojej ostatniej książce prof. Yoshio Yamaguchi, opisując lodowiec Shirase na Antarktydzie: „Although this HV component is not created by vegetation, the volume scattering is dominant in the whole image. This is caused by compressed ice particles of which size is dependent on the position just like in the mouth – stomach – intestines. It is rather surprising that the surface scattering is not so strong”, czyli: „Chociaż ta składowa HV nie jest tworzona przez roślinność, to na całym obrazie dominuje rozproszenie objętościowe. Spowodowane jest ono sprasowanymi cząsteczkami lodu, których rozmiar jest zależny od położenia, podobnie jak pokarmu w przewodzie pokarmowym: jamie ustnej – żołądku – jelitach. Jest raczej zaskakujące, że rozpraszanie powierzchniowe nie jest zbyt silne”. Te zdania określają stan sztuki i konieczność prowadzenia dalszych badań oraz poszerzonych eksperymentów teledetekcyjnych.

Uwzględniając wymogi ustawowe oraz dobre praktyki i zalecenia Rady Doskonałości Naukowej, po gruntownym zapoznaniu się z trzema publikacjami stanowiącymi monotematyczny cykl rozprawy, wyrażam swoją opinię w trzech głównych zakresach oceny dysertacji doktorskiej pani mgr inż. Barbary Barzyckiej:

*1) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w dyscyplinie albo dyscyplinach:*

Z rozprawy wynika, że kandydatka do stopnia doktora ma szeroką wiedzę teoretyczną zarówno w dyscyplinie Nauki o Ziemi, jak i w dyscyplinach/specjalnościach pokrewnych (geodezja, kartografia, teledetekcja). Zna techniki teledetekcji, metodę pomiarów GPR, rozumie podstawy fizyczne obserwacji i pomiarów teledetekcyjnych.

*2) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora:*

Rozprawa doktorska prezentuje wyniki kilku interdyscyplinarnych eksperymentów prowadzonych w międzynarodowym zespole przez kilka lat w obszarach arktycznych. Kandydatka do stopnia doktora potrafi zaprezentować koncepcje, metodykę, uzasadnić założenia i poprawnie skomentować wyniki. Ma świadomość, że niesatysfakcjonujące wyniki obligują do gruntownej analizy, a warunki wykonywania eksperymentów wymagają standaryzacji, powtarzalności i skrupulatności. Kandydatka potrafi ocenić, w jakim kierunku należy podążać uwzględniając dotychczasowe wyniki badań.

*3) ocena wraz z uzasadnieniem, czy rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych:*

Rozprawa doktorska stanowi istotny wkład w badania polarne, przyniosła nową wiedzę praktyczną i metodyczną, a główny cel rozprawy, czyli weryfikacja metod teledetekcyjnych i naziemnych w wykrywaniu stref glacialnych, został zrealizowany. Wielosensorowe eksperymenty zrealizowane przez zespół badawczy z udziałem Kandydatki zostały opisane, a wyniki opublikowane w bardzo dobrych czasopismach. To ważny wkład polskiego ośrodka badawczego, w tym Doktorantki, w międzynarodowe badania polarne.

### **Uwagi o charakterze terminologicznym, stylistycznym i redakcyjnym**

W trosce o pielęgnowanie staranności językowej i terminologicznej zwracam uwagę, że od dziesięcioleci utrwalone terminy „zdjęcia” lub „obrazy wielospektralne” są w ostatnim czasie zastępowane, niestety, określeniem „multispektralne” (kalka z jęz. angielskiego). Niepotrzebnie Autorka ulega tym wpływom w rozprawie.

„Unikalny” to rusycyzm, którego powinno się wystrzegać na rzecz przymiotników „unikatowy” lub „niepowtarzalny/jedyny w swoim rodzaju”. Słowniki i językoznawcy zalecają użycie sformułowania „opierać się” lub „wykorzystywać” zamiast „bazować”.

Sekwencja opisu (podrozdziałów) w rozdziałach 5 i 6 powinna być taka sama. Dane SAR i opis metodyki ich przetwarzania poprzedza opis danych georadarowych GPR w punkcie 5, natomiast w punkcie 6 *Wyniki i interpretacja* najpierw przedstawiono (podpunkt 6.1) wyniki detekcji stref glacialnych na podstawie danych GPR, a dopiero w punkcie 6.2 wyniki z użyciem danych SAR. A przecież dane GPR są elementem walidacji i jako takie powinny następować po przedstawieniu wyników teledetekcyjnych.

### **Kwalifikacja rozprawy**

Zgodnie z wymogami formalnymi stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz stopniach i tytule w zakresie sztuki (t.j. Dz.U. z 2017 r., poz. 1789) i w ustawie z dnia 3 lipca 2018 r. Przepisy wprowadzające ustawę – Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (t.j. Dz.U. z 2023 r., poz. 212).

Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie Kandydatki do dalszych etapów procedury doktoryzowania przez Radę Naukową Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego.

Olsztyn, 14 czerwca 2023 r.