

## RECENZJA

### rozprawy doktorskiej płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego pt. „Bilans różnicowy cyfrowych modeli wysokościowych pozyskiwanych z niskiego pułapu”

#### 1. Podstawa formalno-prawna, ogólne informacje o pracy

Podstawę formalno-prawną sporządzenie recenzji stanowi pismo z dnia 4 października 2024 r. prof. dr. hab. Grzegorza Rachlewicza Przewodniczącego Rady naukowej dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu. Zgodnie z obowiązującymi przepisami celem recenzji jest szczegółowa ocena wraz z uzasadnieniem czy rozprawa doktorska spełnia wymogi zawarte w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 ze zm.), mianowicie:

- (1) Rozprawa doktorska prezentuje ogólną wiedzę teoretyczną osoby ubiegającej się o nadanie stopnia doktora w określonej dyscyplinie lub dyscyplinach;
- (2) Rozprawa doktorska wykazuje umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej lub artystycznej przez osobę ubiegającą się o nadanie stopnia doktora;
- (3) Rozprawa doktorska stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, oryginalne rozwiązanie w zakresie zastosowania wyników własnych badań naukowych w sferze gospodarczej lub społecznej albo oryginalne dokonanie artystyczne.

Przedmiotem recenzji jest przedłożona rozprawa doktorska płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego pt. „Bilans różnicowy cyfrowych modeli wysokościowych pozyskiwanych z niskiego pułapu” wykonana w zakładzie Geoinformacji Instytutu Geookologii i Geoinformacji Wydziału Nauk Geograficznych i Geologicznych UAM w Poznaniu. Praca została napisana pod kierunkiem prof. dr. hab. Zbigniewa Zwolińskiego.

Rozprawa doktorska ma formę pracy pisemnej, zawierającej na dwustu pięćdziesięciu stronach zasadniczą część pracy oraz dwa załączniki szczegółowo dokumentujące wykonane pomiary i obliczenia. Treść doktoratu została podzielona na trzynaście rozdziałów numerowanych liczbami rzymskimi włączając spisy rycin, tabel i załączniki. Istotną część pracy stanowią liczne ryciny ilustrujące wyniki pomiarów i analiz. Treść rozprawy poprzedzają streszczenia w językach polskim i angielskim. Spis literatury zawiera 85 pozycji o charakterze naukowym, popularno-naukowym i technicznym.

Struktura pracy generalnie jest poprawna i odpowiada układowi typowej pracy naukowej, w tym doktorskiej. Zawiera opis przedmiotu pracy i problemu badawczego, cel i tezę, założenia metodyczne, opis zastosowanej metodyki, uzyskane wyniki i ich analizę. Problem tkwi w zakresie treści opisywanych w poszczególnych rozdziałach i podrozdziałach. Szczegółowe uwagi zostały zamieszczone w części dyskusyjnej i krytycznej rozprawy. Praca jest starannie zredagowana, napisana dość skondensowanym językiem technicznym. Język jest

komunikatywny a stosowana terminologia, z drobnymi wyjątkami poprawna. Autor posługuje się biegle metodami i narzędziami wykorzystującymi technologie geoinformacyjne, ma ugruntowaną wiedzę z zakresu ich świadomego stosowania.

Praca doktorska płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego pt. „Bilans różnicowy cyfrowych modeli wysokościowych pozyskiwanych z niskiego pułapu” spełnia wymogi formalne stawiane dysertacjom doktorskim w myśl przepisów ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz.U. 2018, poz. 1668 ze zm.), art. 187, ust.3

## 2. Ocena istotności i aktualności tematu w naukach o Ziemi i środowisku

Ukształtowanie powierzchni terenu wraz z jego pokryciem i użytkowaniem to elementy środowiska geograficznego mające fundamentalne znaczenie w wielu dyscyplinach nauki, planowaniu przestrzennym i gospodarce. Każda z dyscyplin naukowych wypracowała metody badawcze zmierzające do coraz dokładniejszego poznania ukształtowania powierzchni terenu i opisu go wieloma wskaźnikami. Z biegiem lat zmieniły się źródła danych wykorzystywane przez badaczy i praktyków. Od co najmniej dwóch dekad źródłami tymi są cyfrowe modele wysokościowe, tworzone na podstawie danych teledetekcyjnych. Ich dokładność jest zróżnicowana i często zbyt mała do wykorzystania w wielu aplikacjach. Rozwiązaniem jest wówczas samodzielne pozyskanie danych, ich odpowiednie przetworzenie, ocena dokładności i analiza. Przed takim zadaniem stanął Doktorant płk mgr inż. Marcin Żebrowski, który postawił sobie zadanie analizy ukształtowania płyty lotniska z dokładnością pozwalającą na zobrazowanie lokalnych zniekształceń. Tak postawiony problem badawczy wymagał pozyskania wysokorozdzielczych danych służących do budowy modelu wysokościowego oraz zbudowania modelu cyfrowego o odpowiedniej dokładności z wykorzystaniem nowoczesnych technologii geoinformacyjnych. Zarówno postawiony problem badawczy jak i sposób jego rozwiązania wpisuje się w problematykę badań nauk o Ziemi i środowisku. O istotności tematu świadczy liczba publikacji naukowych indeksowanych w bazie Web of Science (WoS) dotyczących analizy dokładności modeli wysokościowych. W połowie listopada tematyka ta została opisana w ponad 2750 pracach naukowych, z czego aż 869 dotyczyło modeli wysokorozdzielczych opracowanych na podstawie danych lotniczych z niskiego pułapu (UAV) i naziemnego skaningu laserowego (MLS).

**Zdaniem Recenzenta** tematyka rozprawy doktorskiej jest aktualna i stanowi ważny aspekt badawczy w **dyscyplinie naukowej nauki o Ziemi i środowisku**.

## 3. Ocena merytoryczna prowadzonych badań i zastosowanej metodyki badawczej

### 3.1. Tytuł, teza i cele rozprawy

Tytuł rozprawy „Bilans różnicowy cyfrowych modeli wysokościowych pozyskiwanych z niskiego pułapu” jest sformułowany poprawnie, wynika z niego myśl przewodnia pracy od razu wprowadzająca w zasadniczy problem badawczy i zakres rozprawy. Główny problem badawczy dotyczy oceny modeli wysokościowych drogi startowej lotniska wygenerowanej z chmur punktów otrzymanych podczas mobilnego skanowania laserowego oraz z nalotu dronem na niskim pułapie. Obszarem testowym jest lotnisko wojskowe w Powidzu. W rozprawie płk mgr inż. Marcin Żebrowski porusza zagadnienia dotyczące cyfrowych modeli wysokościowych, w szczególności pozyskiwania danych obrazowych, opracowania modeli i analizy ich dokładności. Po zapoznaniu się z literaturą sformułował następująco tezę pracy doktorskiej „Cyfrowy model wysokościowy drogi startowej lotniska uzyskany metodami

mobilnego skanowania laserowego oraz nalotu fotogrametrycznego dronem, umożliwia ocenę jej geometrii, przeprowadzenie wstępnej oceny jej stanu technicznego oraz wskazanie obszarów wymagających przeprowadzenia pogłębionej diagnostyki. Metody zmniejszają koszty i skracają czas wyłączenia lotniska z użytkowania”.

Teza została sformułowana poprawnie, zaplanowane i wykonane badania umożliwiły jej potwierdzenie.

### 3.2. Metodyka

Opis zastosowanych metod badawczych jest w kilku miejscach pracy. Kwestie związane z pozyskaniem danych obrazowych z niskiego pułapu oraz ich przetworzeń w celu uzyskania cyfrowych modeli wysokościowych znajdują się w rozdziale V. „Metodyka Pracy”. W tym też rozdziale opisana została technologia GPS RTK. Rozdział ten ma charakter bardzo techniczny i dotyczy głównie opisu wykorzystanych technologii. Z punktu widzenia wykorzystania doktoratu w praktyce jest cenny, z naukowego – brakuje opisu metod z powołaniem się na aktualną literaturę naukową. Ważną częścią tego rozdziału jest obszerny opis czynników wpływających na jakość danych MLS i danych pozyskanych z nalotu fotogrametrycznego. Metody analiz chmur punktów znajdują się w rozdziale VIII „Analiza wyników”. Doktorant wykorzystał głównie miary statystyki opisowej i wnioskującej oraz statystyki przestrzennej. Tak jak w poprzedniej części metodycznej opis jest zdawkowy, w dużej mierze ograniczony do wzorów opatrzonych krótkim komentarzem. Zdaniem recenzenta rozdzielenie części metodycznych rozdziałami VI „Wyniki” i VII „Ocena stanu technicznego badanej drogi startowej” niekorzystnie wpływa na odbiór pracy. Z rozdziału VIII należałoby wyodrębnić zagadnienia dotyczące metod i technologii i umieścić je w rozdziale V. Natomiast rozdział VII to analiza wyników i treść w nim zawarta powinna zostać przeniesiona do rozdziału VIII. Niemniej jednak uważam, że opisana i wykorzystana w pracy metodyka jest poprawna i w konsekwentny sposób prowadzi do osiągnięcia celu pracy i udowodnienia tezy.

Rozprawa doktorska wymagała od płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego zapoznania się z pracami naukowymi dotyczącymi cyfrowych modeli wysokościowych, w szczególności o wysokiej dokładności oraz metodami ich analiz, a także technologiami geoinformacyjnymi umożliwiającymi rozwiązanie postawionego problemu badawczego. Doktorant umiejętnie łączy wiedzę z zakresu fotogrametrii, teledetekcji, statystyki z naukami o Ziemi i środowisku. Opracowana metoda jest wynikiem przemyślanej pracy badawczej. Zaproponowane rozwiązanie problemu badawczego co do idei słuszne a uzyskane efekty konkretne. Analiza różnicowa opracowanych cyfrowych modeli wysokościowych wykazała, że wykorzystania chmury punktów pozyskanych metodą mobilnego skaningu laserowego oraz nalotu fotogrametrycznego dronem na niskiej wysokości umożliwia analizę stanu technicznego drogi startowej lotniska wojskowego w Powidzu. W szczególności umożliwią wskazanie na drodze startowej miejsc podatnych są na odkształcenia. Miejsca te jak słusznie zauważył Doktorant „...będą wymagały dodatkowych badań specjalistycznych, mających na celu doprecyzowanie zaawansowania deformacji nawierzchni drogi startowej...”.

Weryfikacja tezy została zwięźle podsumowana w pięciu punktach (str. 154, podrozdział VIII/9). W tym przypadku syntetyczny język jest bardzo wskazany. Zabrakło mi jednak wyraźnego odniesienia się do drugiego zdania tezy „Metody zmniejszają koszty i skracają czas wyłączenia lotniska z użytkowania”. Doktorant nie przedstawił ani metody analizy kosztów ani

wyników ograniczając się tylko do podania informacji literaturowych dotyczących przewagi metody fotogrametrycznej nad metodami pomiarów bezpośrednich.

Doktorant, także w punktach, podaje znaczenie praktyczne opracowanej metodyki, rekomendacje dotyczące jej wykorzystania oraz perspektywy dalszych badań. Poprawnie sformułowany wniosek końcowy przedstawia najistotniejsze osiągnięcia doktoratu.

**Zaprezentowana w dysertacji metodyka budowy i analizy porównawczej cyfrowych modeli wysokościowych jest oryginalnym, autorskim opracowaniem Doktoranta. Podejście jest całościowe i uniwersalne, od zaplanowania zadań, wyboru źródeł danych, pozyskania danych, poprzez ich analizę i ocenę. Może być wykorzystane do analizy stanu nawierzchni dowolnego obiektu liniowego. Tematyka poruszana w rozprawie jest istotna nie tylko w naukach o Ziemi i środowisku, ale także w naukach inżynierskich, naukach o bezpieczeństwie oraz działaniach sił zbrojnych i to w znacznie szerszym kontekście niż ocena stanu płyty lotniska.**

#### 4. Uwagi krytyczne i dyskusyjne

Niniejsze uwagi krytyczne i dyskusyjne są elementem dyskursu naukowego, który powinien stanowić przyczynek do dyskusji na obronie doktoratu (pogrubiona czcionka) oraz korekty tekstu pracy przed jej ewentualnym opublikowaniem.

- (1) Najslabszą stroną dysertacji jest język, układ rozdziałów i zawarte w nich treści. Język pracy jest bardzo techniczny, wskutek czego miejscami rozprawa przypomina instrukcję techniczną. Taki charakter mają m.in jednostronicowy podrozdział II.6 „Zastosowanie cyfrowych modeli wysokościowych”, w którym za komercyjną witrynę internetową wymieniono dziesięć specjalności wykorzystujących CMW oraz najważniejszy rozdział pracy „Analiza wyników” (rozdział VIII). Doktorant zamieścił w nim bardzo zdawkowy opis wykonanych analiz skupiając się na podaniu środowiska informatycznego, wzorów, uzyskanych wyników głównie w postaci tabel i licznych rycin. Część teoretyczną, oznaczoną literą A, należało przenieść do rozdziału II opisującego metody badawcze zastosowane w pracy. Ponadto rozdział ma odmienny od pozostałych rozdziałów sposób numerowania podrozdziałów / sekcji (litery duże, liczby arabskie, litery małe) znacznie utrudniający percepcję treści.

We „Wprowadzeniu” w podrozdziale „Metody” poprawnie wymienione zastały metody fotogrametryczne i pomiary bezpośrednie natomiast sklasyfikowanie jako metod badawczych skaningu laserowego oraz obrazowania z niskiego pułapu jest niewłaściwe są to technologie pozyskiwania danych obrazowych, a ERDAS, SAGA GIS czy QGIS to narzędzia.

- (2) Doktorant nie cytuje najnowszych pozycji literatury, większość cytowanych prac naukowych została opublikowana w polskich czasopismach przed rokiem 2020. W spisie literatury znajdują się blogi, strony internetowe firm i różnych instytucji, a nawet Wikipedii.
- (3) Niejasne jest co jest obiektem w cyfrowym modelu wysokościowym, str. 33 „**Dokładność cyfrowego modelu wysokościowego można określić jako zgodność położenia obiektów w terenie z położeniem tych obiektów.**” Proszę o wyjaśnienie w trakcie publicznej obrony.

- (4) Opisane na str. 33-34 „Standardy cyfrowych modeli wysokościowych dla obszaru Polski” bazują na literaturze w roku 2014 i 2015. **Czy te informacje są aktualne w roku 2024? Proszę o ustosunkowanie się w trakcie obrony.**
- (5) Nieaktualne są informacje dotyczące modeli wysokościowych dla Polski, BDO i TBD od dawna nie są udostępniane, zastąpiły je bazy BDOO i BDOT10k, żadna z nich nie zawiera danych wysokościowych.
- (6) **Proszę Doktoranta o wyjaśnienie sformułowania „...szybkiej i ekonomicznej analizy stanu technicznego drogi startowej...”** w doktoracie nie zostały opublikowane badania i ich wyniki potwierdzające taki wniosek. Czy analiza uwzględnia koszty zakupu niezbędnego sprzętu?
- (7) **Proszę o wyjaśnienie czy stwierdzenie „...cyfrowe modele wysokościowe pozwalają na wskazanie na drodze startowej miejsc, na których: - zachodzi podejrzenie o niezgodną z projektem pracę konstrukcji drogi startowej”** (str. 42) bazuje tylko na „Rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 31 sierpnia 1998 r. w sprawie przepisów techniczno-budowlanych dla lotnisk cywilnych oraz Załączniku 14 do Konwencji o międzynarodowym lotnictwie cywilnym, Lotniska Tom I, Projektowanie i eksploatacja lotnisk” czy innych przesłankach. W pracy nie zostały podane żadne szczegóły dotyczące projektu konstrukcji drogi startowej w Powidzu.
- (8) Tytuł rozdziału „Założenia metodologiczno-metodyczne”, powinien brzmieć „Założenia metodyczne” metodyka to zbiór zasad obejmujący sposoby wykonania jakiejś pracy i taka jest treść wspomnianego rozdziału. Natomiast metodologia to nauka o metodach badań naukowych. W doktoracie płk. mgr. Inż. Marcin Żebrowski stosował metody badań nauk przyrodniczych uzupełnione metodami statystyki opisowej i wnioskowania statystycznego.
- (9) Proponuję korektę precyzji zapisu (liczba miejsc po przecinku), podawanie wartości błędów należał zaokrąglić do dwóch, maksymalnie trzech miejsc po przecinku.

Zwarzywszy na cele recenzowanej rozprawy poruszane kwestie krytyczne i polemiczne nie wpływają w istotny sposób na pozytywną ocenę doktoratu. Powinny być jednak wzięte pod uwagę przed publikacją wyników badań. Ogólna koncepcja rozwiązania problemu badawczego jest właściwa, zaproponowana przez płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego metodyka jest oryginalna i właściwie przedstawiona i może mieć istotne znaczenie praktyczne.

#### 5. Podsumowanie i wnioski końcowe

Po przestudiowaniu przedstawionej rozprawy stwierdzam, że jej autor płk mgr inż. Marcin Żebrowski wykazał się znajomością warsztatu badawczego i rzetelnością w realizacji badań. Zaplanował i przeprowadził oryginalne prace modelowo-analityczne wykorzystując różne metody pozyskania danych wysokościowych. Problem badawczy został sformułowany jasno a poszczególne etapy pracy konsekwentnie zmierzają do jego rozwiązania Uzyskane wyniki umożliwiły Autorowi postawienie poprawnych merytorycznie wniosków o charakterze naukowym i użytecznym. Autorska metoda oceny modeli wysokościowej nazwana „bilansem różnicowym modeli wysokościowych” może być wykorzystana zarówno przez naukowców, administrację publiczną lub inne podmioty. W rozprawie zawarto wiele cennych wskazówek, które mogą posłużyć do kontynuowania badań.

Reasumując stwierdzam, że płk mgr inż. Marcin Żebrowski udowodnił, że:


- opanował ogólną wiedzę teoretyczną umożliwiającą dostrzeżenie i zdefiniowanie problemów badawczych właściwych dla dyscypliny nauki o Ziemi i środowisku.
- Posiada umiejętności samodzielnego prowadzenia badań naukowych, w tym sformułowania pytań badawczych, wyboru właściwych metod badawczych, przeprowadzenia badań oraz ich odpowiedniego podsumowania.
- Zaproponowane w dysertacji doktorskiej rozwiązanie dotyczące analizy i oceny dokładności modeli wysokościowych jest oryginalnym rozwiązaniem problemu naukowego i ma potencjał do zastosowania w sferze gospodarczej.

Autor swobodnie porusza się zarówno w zagadnieniach teoretycznych jak i praktycznych dotyczących geoinformacyjnych technologii pozyskiwania i analizowania danych obrazowych. Niewątpliwie należy do grona naukowców posiadających duży potencjał do pracy naukowo-badawczej.

Stwierdzam, że rozprawa doktorska płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego spełnia wymogi ustawowe stawiane pracom kwalifikacyjnym na stopień doktora zapisane w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 roku Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce, w dyscyplinie nauki o Ziemi i środowisku. Dysertacja zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego, Doktorant płk mgr inż. Marcin Żebrowski wykazał się ogólną wiedzą teoretyczną w dyscyplinie nauk o Ziemi i środowisku oraz umiejętnością samodzielnego prowadzenia pracy naukowej. Warsztat badawczy Doktoranta oceniam wysoko.

Podsumowując, wnioskuję do Rady Dyscypliny nauki o Ziemi i środowiska Uniwersytetu im. Adama Mickiewicza w Poznaniu o przyjęcie rozprawy doktorskiej i dopuszczenie płk. mgr. inż. Marcina Żebrowskiego do publicznej obrony.

Prof. dr hab. inż. Elżbieta Bielecka

  
25. 11. 2024