

dr hab. inż. Beata Hejmanowska prof. n. AGH

Kraków, dnia 03.06.2016r.

Katedra Geoinformacji, Fotogrametrii i Teledetekcji Środowiska

Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska

Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie

Al. Mickiewicza 30

## RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Roberta GRADKI

### "ANALIZA GEODEZYJNYCH TECHNIK POMIAROWYCH DLA POTRZEB MODELOWANIA POWIERZCHNI TERENU"

recenzja wykonana na zlecenie Dziekana Wydziału Inżynierii Środowiska i Geodezji,

Uniwersytetu Rolniczego im. Hugona Kołłątaja w Krakowie

Prof. dr hab. inż. Krzysztofa Ostrowskiego

## 1 Ogólna charakterystyka zakresu i treści rozprawy

Rozprawa, której promotorem jest dr hab. inż. Andrzej Kwinta obejmuje na 192 stronach 7 rozdziałów, wykaz ilustracji oraz tabel. Zakres i treść rozprawy są zgodne z tytułem.

We wstępie został określony cel pracy oraz została sformułowana teza rozprawy doktorskiej.

Cel pracy został przedstawiony na stronie 6: „**Analiza geostatystyczna danych przestrzennych oraz metod interpolacji tych danych, ze szczególnym uwzględnieniem wpływu na modelowanie powierzchni terenu o ściśle określonych warunkach, tzn. bez stabilizacji punktów podczas pomiarów, przy jednoczesnym uwzględnieniu ich rozmieszczenia i gęstości na terenach o różnych powierzchniach i nawierzchniach**”.

Natomiast tezę pracy Autor sformułował na stronie 8:

**„Możliwe jest wyznaczenie dokładnego modelu powierzchni terenu za pomocą różnych technik pomiarowych bez stabilizowanych trwale punktów pomiarowych i osnowy pomiarowej pod warunkiem ich właściwego rozmieszczenia i zagęszczenia, z których korzysta się podczas prowadzenia obserwacji”.**

Zarówno cel jak i teza są sformułowane niezgrabnie, na przykład teza byłaby bardziej zrozumiała gdyby usunąć ostatnią część zdania.

Autor twierdzi, że można wyznaczyć dokładny model powierzchni terenu wykorzystując pomiar na punktach niestabilizowanych i bez trwale stabilizowanych punktów osnowy. Można by się właściwie zgodzić z Autorem *a priori*, bo nie stabilizuje się punktów mierzonych na potrzeby numerycznego modelu terenu (NMT) ani trwale, ani nietrwale.

## **2 Merytoryczna ocena rozprawy doktorskiej**

W rozdziale drugim Autor zamieścił informacje literaturowe na temat powierzchni terenu w zakresie definicji, metod pomiarowych i modeli danych. Rozdział trzeci obejmuje teorie na temat pozyskiwania danych na potrzeby budowy NMT. W rozdziale tym znajdują się również informacje o pozyskaniu danych i pomiarach wykonanych na potrzeby rozprawy.

Rozdziały: 4, 5 zawierają opis badań własnych przeprowadzonych przez Autora rozprawy. W rozdziale 4 znajduje się charakterystyka obszaru badań, w piątym, przetwarzanie, modelowanie i analiza danych. Ostatni rozdział, szósty zawiera podsumowanie i wnioski.

Mankamentem pracy jest brak rozdziału opisującego metodykę badawczą. W rozdziale 5 Autor przedstawia co zrobił i jakie uzyskał wyniki, pewne informacje na temat danych można z kolei znaleźć w rozdziale 3. W opisie prac badawczych należy wyraźnie rozdzielać metodykę badawczą od wyników badań.

Moim zdaniem w pracy niepotrzebne są opisy podręcznikowe, teoretyczne różnych zagadnień (np. w rozdziale 2). Brak natomiast **przeglądu literatury** bezpośrednio związanego z rozprawą, mianowicie dotyczącego badań nad porównaniem różnych metod pomiarowych, sposobów pomiaru czy modeli używanych podczas tworzenia NMT.

W rozdziale 4 Autor opisuje dokładnie 4 obszary testowe różniące się zarówno ukształtowaniem terenu jak i typem pokrycia. Wybór obszarów testowych można uznać za właściwy. Punkty pomiarowe do budowy NMT stabilizowano w sposób nietrwały za pomocą szpilek geodezyjnych. Takie podejście było moim zdaniem poprawne natomiast jest niespójne z tezą pracy. Osnowa pomiarowa nie była stabilizowana ale też nie bardzo mogła być ze względu na wykorzystane metody pomiarowe, dla których po pierwsze nie zawsze była potrzebna (pomiar RTK), a po drugie jest inna dla pomiarów tachymetrycznych, a inna dla niwelacji. Opis charakterystyki obszarów testowych (podrozdział 4.2) jest poprawny.

Rozdział 5.2: „Porównanie wyników pomiarów z różnych technik pomiarowych” zawiera wyniki badań własnych Autora rozprawy. Lektura tego podrozdziału jest jednak utrudniona z uwagi na brak metodyki badawczej. Czytelnik nie wie co i w jaki sposób było badane, porównywane, analizowane. Na początku tego podrozdziału Autor pisze: „W tym podrozdziale, dane pomiarowe zostały zobrazowane w postaci modeli (map) warstwicowych oraz modeli różnicowych.” i dalej : „Zarówno modele warstwicowe jak i modele różnicowe zostały wykonane dla każdego z czterech obszarów testowych i powstały w wyniku równomiernego „nałożenia” na siebie numerycznych modeli terenu (wysokościowych).” Nie jest jasne, w jak sposób modele warstwicowe mogły powstać w wyniku równomiernego „nałożenia” na siebie numerycznych modeli terenu? Cały ten akapit jest próbą opisu metodyki podstawowej analizy przestrzennej GIS polegającej na nakładaniu na siebie warstw, czy inaczej mówiąc klas obiektów. Analizę tę można wykonać zarówno w modelu rastrowym, wektorowym ale także w modelu GRID i TIN. Istnieje wiele różnych wersji analizy polegającej na nakładaniu na siebie danych przestrzennych. Nie wiadomo dokładnie o jaką analizę chodzi Autorowi. Można się jedynie domyślać, że Autor chce po prostu odjąć od siebie wysokości. Pytanie jakie wysokości, w jakich punktach? Wykorzystując pomiary wykonane w ramach pracy można odjąć wysokości w punktach sygnalizowanych za pomocą szpilek geodezyjnych. Można na przykład bezpośrednio odjąć od siebie dwa NMT w modelu GRID, jeśli oczka siatki są identyczne.



W innych przypadkach jeśli nie mamy pomiaru w tych samych punktach musimy wykonać jakąś interpolację.

Pojawia się zatem pytanie: dlaczego Autor nie przeprowadził analizy różnic wysokości pomierzonych różnymi metodami w punktach siatki? Dlaczego i jak porównywał przebiegi warstwicz uzyskanych z wyników pomiaru różnymi metodami (Ryc. 38 i odpowiednio dalsze)? Co znajduje się na Ryc. 39 i odpowiednio dalszych? Można się domyślać, że może jest to jednak model warstwiczowy różnic wysokości w punktach pomiarowych. Pytania te wynikają z braku opisu metodyki badawczej. Wizualny obraz map warstwicznych zamieszczonych w tym podrozdziale sugeruje, że Autor wykorzystał w pracy oprogramowanie Surfer. Autor zresztą w dalszej części pracy pisze, że używał tego oprogramowania. W rozdziale 5.3 znajdują się bowiem ogólne informacje na temat metod interpolacji i oprogramowania.

Czytelnik po przeczytaniu podrozdziału 5.2 jest zaskakiwany podrozdziałem 5.3: „Interpolacja powierzchni – definicja, metody”. Nie wiadomo jaki jest związek pomiędzy poprzednim rozdziałem, czy warstwice w rozdziale 5.2 nie powstały w wyniku interpolacji? Ponadto szczegółowy teoretyczny opis metod interpolacji, po dyskusji wyników badań własnych w poprzednim podrozdziale, jest w tym miejscu niewłaściwy. Przegląd literatury tu zawarty, poparty własnymi przykładami jest ciekawy sam w sobie, ale powinien znaleźć się na początku pracy w przeglądzie literatury o ile rzeczywiście ma wpływ na główną część badawczą, albo powinien stanowić część innej publikacji na ten temat. Ciekawa jest również tabela 5, w której zawarto w sposób syntetyczny porównanie metod interpolacji.

Następny podrozdział 5.4 dotyczy analizy gęstości i rozmieszczenia punktów pomiarowych. Rozprawa ma formę ciągłego opisu przeprowadzonych badań, gdzie opis literatury, metodyka i wyniki przeplatają się ze sobą. Zagadnienie gęstości i rozmieszczenia punktów ma zasadnicze znaczenie dla interpolacji, przy czym dotyczy to tylko w części eksperymentu pomiarowego wykonanego przez Autora pracy. Pomiar bowiem wykonany został w regularnej siatce, w 3 obszarach testowych, a tylko w jednym został uzupełniony o pewne charakterystyczne punkty sytuacyjne. Autor w dalszej części tego podrozdziału opisuje wyniki analiz z wykorzystaniem zredukowanej liczby punktów pomiarowych (rzadszej siatki), co należy uznać za poprawne.

Podrozdział 5.5 został zatytułowany: „Badanie przemieszczeń obiektów – powtórny pomiar”. Ten podrozdział, jak wszystkie poprzednie, pojawia się nagle, nie jest znane logiczne powiązanie z rozdziałami poprzednimi i z planem badań, znajduje się tu również obszerny przegląd literatury, fragmenty metodyki i wyniki. Podrozdział ten jest bardzo ciekawy, a uzyskane wyniki interesujące. Na uwagę zasługuje porównanie dokładności i metod (tabele 8 i 9). Przy czym uzyskane dokładności są wysokie, można mieć wrażenie, że zbyt wysokie, biorąc pod uwagę zmienności naturalnej powierzchni terenu. W tym miejscu pojawia się też pytanie dotyczące poziomu odniesienia. Autor pisze: „Jako odniesienie przyjęto uśrednione wysokości z obydwu pomiarów (seria I i II) z niwelacji technicznej. Od wartości pomierzonych z pomiarów satelitarnych oraz z pomiarów tachimetrycznych odjęto średnie wartości wysokości poziomu odniesienia.” Nie jest to dla mnie wystarczająco jasne. Pytanie: czy pomiary GPS zostały zredukowane na geoidę? Jakie było nawiązanie do osnowy, w tym osnowy wysokościowej?

Ostatni autorski podrozdział 5.6: „Badanie przemieszczeń – analiza wyznaczania przemieszczeń” zawiera opis odrębnego zagadnienia, skądinąd ciekawego ale nieco odległego od poprzednich. Autor zadaje pytanie: **czy można uzyskać wcześniej zadane teoretyczne wartości parametrów płaszczyzny, przy różnej kombinacji punktów niestabilizowanych (pomiar pierwotny i wtórny) oraz stabilizowanych teoretycznie?**

Niejasne jest pojęcie: zadane teoretyczne wartości parametrów płaszczyzny? Co to znaczy?

Autor być może nawiązuje do badania płaskości czy pionowości płaszczyzny. Czytając rozprawę naukową nie można się jednak domyślać „co autor miał na myśli”.

W tym podrozdziale Autor prezentuje własną aplikację, jednakże brak opisu podstaw teoretycznych, informacji na temat platformy, na której napisano program, wyjaśnienia szczegółów technicznych dotyczących danych wejściowych i wyjściowych uniemożliwia właściwą ocenę tej części pracy.

Ostatni rozdział pracy zawiera podsumowanie i wnioski. W tej części pracy należy zwrócić uwagę na wnioski, które Autor wymienia, a które nie wynikają bezpośrednio z pracy (2, 4, 5 – Autor nie badał interpolacji z wykorzystaniem Krigingu, 11,12 itd).

Oceniając poziom językowy pracy należy zwrócić uwagę na wiele błędów gramatycznych i stylistycznych. Ogólnie styl pisania jest w wielu miejscach niepoprawny. Z wielu różnych



usterek wymienić można dwie. Powołania na literaturę są niewłaściwie umieszczone, po kropce kończącej zdania, dla rzeczowników policzalnych (punkty) używa się słowa: liczba, a nie ilość.

W podsumowaniu można stwierdzić, że zagadnienie badawcze, którym zajął się Doktorant jest ciekawe. Istnieje bogata literatura tematu, szkoda że Autor nie przeprowadził studiów literaturowych w tym zakresie. Mam na myśli podobne badania do tych, które wykonywał Doktorant, a nie podręcznikowe informacje na temat metod pomiarowych, definicji rodzajów NMT itp.

W podsumowaniu Autor formułuje dość ryzykowne stwierdzenie:

„Pomimo przeprowadzonych od dziesięcioleci intensywnych badań, w dziedzinie klasycznych metod opróbowania przestrzennego (nieuwzględniającego korelacji przestrzennych), nie osiągnięto rezultatów, które w znaczący sposób ułatwiłyby wykonywanie terenowych pomiarów lub wydatnie obniżyły koszty pozyskania danych. **Postęp w tej dziedzinie był stosunkowo niewielki, a metody pomiarów w badaniach środowiska pozostawały niezmiennie.**”

Rozumiem, że Autor ma na myśli tradycyjne pomiary bezpośrednie (niwelację, pomiar tachimetryczny), bo przecież nie RTK GPS, pomiary fotogrametryczne czy lotniczy, naziemny, mobilny skaning laserowy. NMT obecnie tworzy się nie w oparciu o tradycyjne pomiary geodezyjne, ale wykorzystując pomiary fotogrametryczne, również niskopłapowe ale przede wszystkim wykorzystując skaning laserowy. Oczywiście najdokładniejszy NMT można uzyskać tylko tradycyjnymi pomiarami, nawet wykorzystując niwelację precyzyjną. Należy jednak zwrócić uwagę na dwie kwestie. Pierwsza to ograniczenia związane z zakresem opracowania, tzn. można w ten sposób uzyskać w rozsądnym czasie NMT dla bardzo małego obszaru. Druga kwestia to zmienność powierzchni terenu, który jest przedmiotem pomiaru i w związku z tym nie można uzyskać wysokiej dokładności NMT jeśli mierzone punkty nie są sygnalizowane. Po prostu dokładność identyfikacji punktu jest wielokrotnie mniejsza niż dokładność metody pomiarowej. Dlatego też zamieściłam wcześniej moją uwagę dotyczącą dokładności „pomiaru powtórnego”.

Jeśli chodzi o testowanie różnych metod pomiaru i metod tworzenia NMT to można wykonać porównanie dokładności pomiaru na punktach (sygnalizowanych) oraz porównanie modeli NMT (GRID, TIN) utworzonych w różnych wariantach z punktów sygnalizowanych lub niesygnalizowanych. Autor rozprawy wykonał właściwie pierwszą część bo porównał odchyłki na punktach sygnalizowanych za pomocą szpilek geodezyjnych. Porównanie

przeprowadzone w oparciu o warstwice uważam jednak za nie najlepszy pomysł z uwagi szczególnie na trudność w ocenie ilościowej.

Oceniając jednak ostatecznie recenzowaną rozprawę doktorską należy stwierdzić, że Doktorant wykazał się umiejętnością planowania eksperymentu badawczego, umiejętnością wykonania pomiarów i analizy danych. Wnioski wyciągnięte z wyników analiz są poprawne, niepotrzebnie zostały poszerzone o wnioski nie wynikające bezpośrednio z pracy (np. „Zastosowane w niniejszej dysertacji sieci systematyczne (regularne, trójkątne i heksagonalne) mają wiele istotnych zalet zarówno z punktu teoretycznego jak i praktycznego: ...”).

Doktorant wykazał się również umiejętnościami programistycznymi, co należy zaliczyć na plus.

Główny minus pracy to niewystarczająca umiejętność pisania tekstów naukowych, brak opisu metodyki ze wszystkimi tego następstwami oraz niedoskonałości techniki pisania.

### 3 Wniosek końcowy

W konkluzji wyrażam opinię, że recenzowana rozprawa doktorska **Roberta GRADKA: "ANALIZA GEODEZYJNYCH TECHNIK POMIAROWYCH DLA POTRZEB MODELOWANIA POWIERZCHNI TERENU"** ma charakter poznawczy i użyteczny, stanowi kompleksowe i oryginalne rozwiązanie problemu naukowego sformułowanego w temacie rozprawy, co potwierdza, że Autor posiada pełne umiejętności samodzielnego wykonywania pracy naukowej. Analizowana rozprawa doktorska spełnia kryteria zawarte w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. "O stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki", dla kandydata do stopnia doktora nauk technicznych, zatem przedkładam wniosek Radzie Wydziału o dopuszczenie jej do publicznej obrony.

Kraków, dnia 3 czerwca 2016 r.

