

dr hab. Nita Jerzy
Instytut Nauk o Ziemi
Wydział Nauk Przyrodniczych
Uniwersytet Śląski w Katowicach
ul. Będzińska 60, 41-200 Sosnowiec
tel. 32 3689414, e-mail: jerzy.nita@us.edu.pl

Sosnowiec 29.03.2021

Recenzja

pracy doktorskiej mgr. Andrzeja Świądra pt. „METODYCZNE STUDIUM WYKORZYSTANIA WYSOKOROZDZIELCZYCH NUMERYCZNYCH MODELI TERENU LIDAR DO ROZPOZNANIA BUDOWY GEOLOGICZNEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO FRAGMENTU KARPAT ZEWNĘTRZNYCH” pod kierunkiem prof. dr hab. inż. Marka Wendorffa, w zakresie nauk o Ziemi i Środowisku.

Uwagi ogólne

Oceniana rozprawa jest podsumowaniem badań mgr Andrzeja Świądra i stanowi obszerne studium na temat NMT (Numerycznego Modelu Terenu) LiDAR (Light Detection and Ranging), a także lotniczego skaningu laserowego ALS (Airborne Laser Scanning), wykorzystanych do pozyskania informacji o budowie geologicznej, na przykładzie wybranych obszarów fliszowych (Karpatach zewnętrznym), w oparciu o lineamenty litologiczne.

Badania oparte na szczegółowych analizach materiałów kartograficznych, zawartych w bazach danych oraz rozważaniach czysto teoretycznych. Uzyskane wyniki rozważań teoretycznych były weryfikowane w niewielkiej części badaniami terenowymi. Syntetyczna analiza tych danych oraz wyniki własne są przedstawione w pracy w formie graficznej i stanowią niezwykle cenny zbiór informacji o wykorzystaniu danych NMT LiDAR.

Technologia „Airborne LiDAR” rozwija się intensywnie, stanowiąc podstawę do coraz szerzej zakrojonych badań naukowych. Może pomóc badaczom w opracowaniu modeli ilościowych, wyjaśniających stan obecny (w jaki sposób teren wyewoluował do swojej obecnej formy), a także jak będzie się zmieniać w przyszłości.

Niniejsza praca dobrze wpisuje się w ten nowatorski nurt badań, rozwija dotychczasowy profil badawczy Doktoranta, gdyż jest on autorem lub współautorem szeregu artykułów naukowych o zbliżonej tematyce. Przesłanki i motywacje, które skłoniły Autora do podjęcia tematu badań są uzasadnione.

Układ formalny, materiały, metody i ich zastosowanie

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska pt. „Metodyczne studium wykorzystania wysokorozdzielczych numerycznych modeli terenu LIDAR do rozpoznania budowy geologicznej na przykładzie wybranego fragmentu Karpat Zewnętrznych” liczy łącznie 149 stron, w tym 71 figur oraz cztery tabele. Praca ma formę zwartej pozycji i składa się z 9 rozdziałów, z których część została podzielona na dalsze podrozdziały. Tekst rozprawy doktorskiej wzbogacony jest także trzema fotografiami. Dodatkowo na końcu pracy umieszczono spis figur i tabel oraz słownik pojęć. Zamieszczone w pracy liczne ryciny i załączniki dobrze ilustrują podjęty temat. Przy ich opracowaniu i sporządzaniu Doktorant korzystał z bogatej bibliografii i wielu materiałów kartograficznych, w tym z baz danych oraz kilku programów GIS-owych. W spisie literatury Autor zestawiał 150 pozycji bibliograficznych, wśród których 102 stanowią prace anglojęzyczne.

Układ pracy jest typowy, przyjęty w tego typu specjalistycznych opracowaniach. Konstrukcja rozprawy nie budzi zastrzeżeń; tytuły rozdziałów i podrozdziałów w większości dobrze oddają treść w nich zawartą i umożliwiają śledzenie dociekań Autora. Poruszone zagadnienia są tematycznie ze sobą powiązane, stanowiąc logiczną całość.

Rozprawę rozpoczyna *Wprowadzenie*, które w sposób syntetyczny wprowadza czytelnika w problematykę badawczą. Autor ukazuje podjętą problematykę badawczą na tle krajowym oraz międzynarodowym, stosując szeroką teoretyczną analizę metodyczną. Celem pracy była ocena przydatności wybranych parametrów powierzchni terenu obliczonych z NMT LiDAR do pozyskania informacji o budowie geologicznej obszarów fliszowych.

Teren badań - Karpaty fliszowe, to obszar o skomplikowanej budowie geologicznej i złożonej rzeźbie, bardzo często porośnięty gęstą roślinnością, co znacząco ogranicza możliwość badań nie tylko w terenie, ale także z wykorzystaniem zobrazowań fotogrametrycznych. Pokrywa leśna stanowiła do niedawna barierę przy wykonywaniu dokładnych NMT, kiedy do ich pozyskania stosowano metody pomiarów bezpośrednich czy fotogrametrycznych. Zaobserwowanie elementów rzeźby terenu w obszarach zalesionych stało się możliwe dzięki danym z lotniczego skaningu laserowego ALS (Airborne Laser Scanning). W terenie lineamenty litologiczne wynikają z intersekcji pakietów piaskowcowo-łupkowych, a ich widoczność jest warunkowana rozwojem procesów wietrzenia i różnicami litologiczno-facjalnymi oraz obecnością struktur tektonicznych na danym obszarze.

Autor bardzo trafnie zauważa, że w ostatnich latach rośnie zainteresowanie i popularność NMT LiDAR, a co istotne, że w tym zakresie dane są nie do końca wykorzystywane w

kartografii geologicznej. Stwierdza, że jedną z przyczyn małej popularności NMT LiDAR w wykorzystaniu ich do badań na obszarach fliszowych (górkich) był brak takich danych jak ISOK 2015 oraz brak szerszego opracowania i przetestowania wskaźników zastosowanych do badań reliefu terenu.

Cele pracy zostały jasno zdefiniowane. Celem nadrzędnym pracy, w zasadzie przedstawionym w jej tytule, jest opracowanie modelu wykorzystania danych NMT LiDAR do terenowych badań geologicznych. Podzielono go na cel poznawczo-teoretyczny, aplikacyjny i metodyczny. W przypadku celów metodycznych Autor omawia i wyraża swoje opinie co do wartości wykorzystania wskaźników pochodnych NMT LiDAR do rozpoznania lineamentów litologicznych i tektonicznych. Nie jest to realizacja celu praktycznego, a jedynie wniosek z przeprowadzonej analizy teoretycznej.

Autor wyjaśnia zastosowaną kluczową terminologię, jak np. lineament, lineament litologiczny, fotolineament, co niewątpliwie ułatwia czytelnikowi studia nad rozprawą. Niemniej jednak niektóre z kluczowych pojęć są lakoniczne (LAS) lub nieprecyzyjne (NMT, ang. Digital Elevation Model, str. 17).

Rozdział 2. Rozdział ten ma charakter przeglądowy i przedstawia w sposób syntetyczny podstawowe założenia litologiczne widoczności lineamentów, nawiązując do geologicznego problemu badawczego. Jest to krótki rozdział opisowy, zawarty na niespełna czterech stronach.

Rozdział 3. Autor przedstawia metodykę pracy, uwzględniając wybór integracji danych przestrzennych, dostępne mapy geologiczne badanego obszaru, kryteria ich oceny oraz wykorzystane oprogramowanie. W sposób ogólny wspomina o stworzonej w oprogramowaniu ArcGIS geobazie plikowej w układzie współrzędnych PUWG 1992, która była sukcesywnie wypełniana danymi przestrzennymi i opisowymi, zebranymi w terenie oraz powstałymi w wyniku prac kameralnych. Opisuje zasady prac terenowych z wykorzystaniem GPS Garmin eTrex 30. Pozyskane informacje z GPS eTrex, zostały tu skonfrontowane z wynikami Modelu Magnetycznego Ziemi.

Rozdział 4. We wstępie do tego rozdziału Autor dokonuje charakterystyki uwarunkowań wykorzystania pochodnych NMT LiDAR do rozpoznania lineamentów litologicznych i tektonicznych. Opisując stronę metodyczną pozyskania danych ALS z projektu ISOK, zapisanych w formacie binarnym LAS. Dane LAS stanowią dla Autora bazę do opracowania NMT, umożliwiającą analizę lineamentów litologicznych i tektonicznych oraz odseparowanie ich od innego typu lineamentów.

Tutaj pojawia się jedno z bardziej istotnych stwierdzeń tej pracy, które Autor uzasadnia na właściwie pozostałych stronach pracy doktorskiej. Stwierdzenie to dotyczy zmian

morfometrycznych warstw piaskowcowo-lupkowych, widocznych na powierzchni terenu i zapisanych na modelu NMT LiDAR w postaci „kodu kreskowego”, pozwalającego obserwować to lateralne rozprzestrzenienie struktur na przestrzeni wielu kilometrów.

Analiza tego „kodu kreskowego” umożliwi Autorowi przetestowanie szeregu metod i parametrów wizualizacji powierzchni terenu z wykorzystaniem NMT, dających najczytelniejszy obraz reliefu terenowego.

Te parametry uwzględnione w opracowaniu to:

Cieniowany model rzeźby terenu

Gradient nachylenia powierzchni terenu

Krzywizna

Otwartość

Współczynnik widoku nieba

Indeks topograficzny

Kierunek nachylenia indeksu topograficznego

Modelowanie gradientu

Intersekcja 3D

Autor już na początku rozważań w tab.1 (str. 25-27) zestawia wszystkie najważniejsze zalety i wady testowanych parametrów (a może w niektórych przypadkach filtrów dla ALS) dla zobrazowania powierzchni terenu w kontekście detekcji lineamentów. Umieszczenie tabeli 1 w tej części pracy nie wydaje się dobrym wyborem, ponieważ na dalszych stronach pojawia się szczegółowa dyskusja tych parametrów, wskaźników czy też filtrów ?. Brakuje zestawienia, które podsumowałoby całą przeprowadzoną dyskusję, wskazując najlepsze wybrane parametry do opracowania lineamentów tego „kodu kreskowego”.

Analiza wykorzystywanych metod wizualizacji rzeźby terenu została potraktowana bardzo szczegółowo (70 stron pracy, co stanowi ponad 60% treści zasadniczej rozprawy). W zaprezentowanych 9 podrozdziałach przeprowadzono obszerną i szczegółową analizę wybranych parametrów do rozpoznawania elementów rzeźby terenu na podstawie NMT LiDAR. Są tutaj wybrane parametry najbardziej powszechne jak cieniowanie rzeźby terenu oraz takie jak indeks topograficzny, który Autor modyfikuje, budując na tej podstawie własny parametr nazwany „*Kierunek nachylenia indeksu topograficznego*”. Jest to parametr powierzchni terenu, pozwalający lokalizować miejsca, w których następuje zmiana trendu powierzchni indeksu topograficznego, co pozwala na bardzo dokładne określenie lokalizacji linowych elementów rzeźby terenu. Wprowadzenie tego parametru jest bardzo istotne z punktu widzenia prac kartografii geologicznej i jest to istotne osiągnięcie Doktoranta.

Wykorzystanie pochodnych NMT LiDAR do analizy reliefu terenu wiąże się z problemem tzw „szumu”. Doktorant dopasowuje skalę badanych zjawisk do analizowanych danych. Najlepsze efekty na badanym terenie (fliszowym) uzyskuje, wybierając otoczenie obliczania wartości każdej komórki rastra na poziomie 10 i 20 m. Parametry powierzchni terenu wykonane w tym sąsiedztwie charakteryzowały się dobrym stosunkiem widoczności lineamentów litologicznych do „szumu” pochodzącego od innego rodzaju form i obiektów, co jest oryginalnym wkładem Autora.

Mając drobne zastrzeżenia co do niektórych założeń pracy i wyboru wskaźników, parametrów, filtrów, uważam tę część pracy za najbardziej wartościową i oryginalną, nie poruszaną w literaturze w takim kontekście.

Z zaprezentowanym wyborem metod wizualizacji powierzchni terenu można się nie zgadzać (zdaniem recenzenta w tym przypadku za dużo tu ArcGIS 3D Analyst), ale prezentuje dobrze skalę problemu, co należy do mocnych stron rozprawy i to jest bardzo ważne.

Podsumowaniem obszernego rozdz. 4 o wykorzystaniu pochodnych NMT LiDAR do rozpoznania lineamentów i wizualizacji rzeźby terenu jest podrozdział 4.9. *Intersekcja 3D*, w którym Autor próbuje zaprezentować zestawienie NMT z rzeczywistością geologiczną, wskazując na możliwość opracowania informacji o interpretacji przestrzennej biegu warstw oraz generowania trójwymiarowych modeli budowy geologicznej (pakietów piaskowcowo-łupkowych).

Pomimo tej szczegółowości i rzetelności przeprowadzonych analiz zabrakło końcowego zestawienia i wskazania metody najskuteczniejszej do opracowania formacji fliszowych.

Rozdział 5 nie jest obszerny i stanowi tzw. studium przypadku „poprawy rzeczywistości oprogramowania GIS”, czyli tego co Autor uważa za istotne w wybranych narzędziach GIS, zawartych w pakiecie ArcGIS. Sama forma dostosowania środowiska GIS (rozszerzenie języka Python o nazwie ArcPy) do potrzeb projektu badawczego za pomocą metod programistycznych może być różna i jest jak najbardziej akceptowalna. Stanowi też dowód na twórcze poszukiwania własnych rozwiązań przez Doktoranta, a nie tylko ograniczenie do już opracowanych metod. Zaproponowane zdaniem Autora narzędzie znacznie upraszcza i przyspiesza proces pozyskania informacji na temat orientacji przestrzennej (geometrii powierzchni uławicenia) powierzchni geologicznych. Należy tylko żałować, że nie został zaprezentowany szerszy aspekt praktycznego wdrożenia obiecującej metody poza niewielkim fragmentem testowym pasma Otrytu. Przy omawianiu zalet i skuteczności NMT LiDAR Autor wskazuje, że staje się to obecnie standardowo wykorzystywaną metodą w kartografii geologicznej, ale jednak przecenia znaczenie skuteczności i dostępności tego typu danych.

Pewnym mankamentem są zaprezentowane wnioski. Są zbyt ogólne, chociaż zajmują trzy strony. Dwie z nich dotyczą oceny realizacji zamierzeń postawionych przed badaniami, a trzecia dotyczy omówienia zalet oraz wad skaningu laserowego. Skaningu laserowego wykorzystanego w pracy jest zagadnieniem bardzo interesującym i ciekawym, a także nowatorskim i ważnym w prezentowanych zastosowaniach. Niestety Autor poza zapowiedziami do czego można go wykorzystać, zastosował go w niewielkim zakresie, tylko na polach testowych.

Najważniejsze osiągnięcia badawcze

1. Wyniki analiz danych NMT LiDAR, pochodzących z skaningu laserowego (ALS), uzyskane przez mgr Andrzeja Świądra pozwoliły na określenie ich przydatności w badaniach rzeźby terenu o cechach strukturalnych. Są najważniejszą częścią jego pracy (są osiągnięciem naukowym Doktoranta).
2. Autor dokonał szczegółowej oceny wybranych parametrów przetwarzania NMT LiDAR, prowadząc weryfikację w warunkach testowych i praktycznych na wybranych obszarach. Dokonał prawidłowej interpretacji uzyskanych wyników i wykazał przydatność wybranych parametrów.
3. Do ważnych dokonań Doktoranta można zaliczyć pracę nad parametrem indeksu topograficznego. Autor dokonał jego modyfikacji, budując na tej podstawie własny parametr nazwany „*Kierunek nachylenia indeksu topograficznego*”.
4. Na podstawie analizy Doktorant wykazał, że problem tzw. „szumu” z przetwarzania NMT LiDAR można częściowo wyeliminować dopasowaniem skali do analizowanych danych. Na badanym terenie (fliszowym) najlepsze efekty uzyskał wybierając otoczenie obliczania wartości każdej komórki rastra na poziomie 10 i 20 m.
5. Autor podał propozycję optymalizacji parametrów powierzchni terenu pod kątem widoczności lineamentów litologicznych na podstawie opracowanego „modelu” (modelowanie gradientu) na badanym obszarze.
6. Praca niewątpliwie ma duże walory naukowe, a także znaczenie aplikacyjne, zwłaszcza przy zastosowaniu wyników przy opracowywaniu terenowym rzeźby struktur fliszowych oraz do ułatwienia badań kartografii geologicznej.

Uwagi krytyczne i sugestie

1. Autor zbyt ogólnikowo potraktował pojęcia „NMT LiDAR”, a co za tym idzie charakteryzujące go wielkość, jest to sporym uproszczeniem wymagającym uzupełnienia. Dowodem jest skrót na str.17 „NMT, ang. Digital Elevation Model”, a może to raczej DTM. Sugeruję przed drukiem rozważenie wprowadzenia powyższej opcji

2. Uważam, że w pracy Autor nadmiernie skoncentrował się wyłącznie na danych zawartych w bazie ISOK i teoretycznym szukaniu parametrów odzwierciedlenia rzeźby strukturalnej zawartych w pakiecie ArcGIS.

3. Nie do końca jest jasny problem, co właściwie Doktorant analizuje przetwarzając dane NMT LiDAR, czy są to tylko parametry, wskaźniki czy może filtracja danych NMT LiDAR.

4. Porównanie najważniejszych zalet i wad testowanych parametrów powierzchni terenu w kontekście detekcji lineamentów litologicznych i tektonicznych następuje nieco niefortunnie na początku prowadzonych rozważań (tab.1, str. 25-27).

Z badań wyłania się obraz dominacji zalet wykorzystania NMT LiDAR. Badania ujawniły szereg zalet, a mniej wad metod filtracji danych laserowych. Jednak generalnie, same plusy występują dla typowego, nieskomplikowanego obszaru (łagodnie nachylony teren, pokrycie terenu roślinnością o niewielkim stopniu zagęszczenia, wysoki procent punktów odbitych od terenu). Wtedy wszystkie lub większość badanych algorytmów filtracji działa prawidłowo. Niestety filtracja skomplikowanych obszarów górskich lub terenów o zwartej roślinności jest nadal zagadnieniem problematycznym i stanowi duże wyzwanie. Szkoda, że w pracy nie wykonano nieco szerszego opracowania terenowego wykraczającego poza obszary testowe, np. jednego z arkuszy Szczegółowej mapy geologicznej Polski.

Moje uwagi mieszczą się częściowo w sferze dyskusji naukowej i niekoniecznie obniżają w istotny sposób wartość merytoryczną ocenianej pracy, zwłaszcza uwagi o szerszym obszarze testowania w terenie opracowanych wskaźników.

Podsumowanie recenzji

Praca Pana mgr Andrzeja Świądra, mimo drobnych niedociągnięć, może być bez wątplenia uznana za rozprawę doktorską. Na jej pozytywną ocenę składają się:

- podjęcie problematyki ważnej z poznawczego punktu widzenia
- przeanalizowanie bogatej literatury przedmiotu i jej skonfrontowanie z wynikami Autora

- postawienie istotnych z naukowego punktu widzenia celów poznawczych, które zostały zrealizowane
- właściwe przetworzenie danych i opracowanie na ich podstawie wyników i wyciągnięcie wniosków poznawczych w zakresie analizy danych własnych jak i bazowych (LIDAR), po częściowej weryfikacji terenowej

Podsumowując całokształt oceny pracy doktorskiej Pana mgr Andrzeja Świądra uważam, że jest ona interesująca oraz ma duże znaczenie poznawcze i praktyczne. Mam nadzieję, że jej wyniki zostaną opublikowane.

Poruszona w pracy problematyka wskazuje na dobre przygotowanie Doktoranta i jego ogólną wiedzę teoretyczną w szeroko pojętej dyscyplinie Nauki o Ziemi i Środowisku, a szczególnie w badaniach opartych na NMT. Uważam, że Kandydat posiadał umiejętność samodzielnego prowadzenia pracy naukowej.

Konkluzja

Stwierdzam, że przedstawiona do oceny rozprawa doktorska **mgr. Andrzeja Świądra pt. „METODYCZNE STUDIUM WYKORZYSTANIA WYSOKOROZDZIELCZYCH NUMERYCZNYCH MODELI TERENU LIDAR DO ROZPOZNANIA BUDOWY GEOLOGICZNEJ NA PRZYKŁADZIE WYBRANEGO FRAGMENTU KARPAT ZEWNĘTRZNYCH”** spełniające kryteria i wymogi Ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki jakie stawiane są pracom doktorskim. Przedkładam, zatem wniosek do **Rady Dyscypliny, Nauki o Ziemi i Środowisku**, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, **Wydział Geologii, Geofizyki i Ochrony Środowiska** o dopuszczenie mgr. **Andrzeja Świądra** do dalszych etapów postępowania przewodu doktorskiego.

Jerzy Nita

