

Prof. dr hab. Antoni Wójcik
Państwowy Instytut Geologiczny – PIB
Centrum Geozagrożeń
Kraków, ul. Skrzatów 1

Kraków, 08.10.2021 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Andrzeja Świądera pt. Metodyczne studium wykorzystania wysokorozdzielczych numerycznych modeli terenu do rozpoznania budowy geologicznej na przykładzie wybranego fragmentu Karpat Zewnętrznych.

Promotorem rozprawy jest prof. dr hab. inż. Marek Wendforf.

Ocena merytoryczna zawartości pracy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska liczy 149 stron tekstu zasadniczego (w tym 12 str. opisu bibliograficznego, 13 str. spisu figur i tabel oraz 2 str. słowniczek pojęć). Praca podzielona jest na 6 rozdziałów i ma charakter pracy metodycznej, wykorzystującej wysokorozdzielcze numeryczne modele terenu oparte o dane z lotniczego skaningu laserowego.

Recenzowana rozprawa zawiera obszerny przegląd, omówienie i przykłady zastosowania do realnych sytuacji terenowych, szeregu automatycznych lub półautomatycznych procedur morfometrycznych, służących do scharakteryzowania wybranych aspektów rzeźby terenu na podstawie modelu numerycznego za pomocą kilku tzw. parametrów powierzchni terenu. Procedury te są dostępne bądź to jako narzędzia wbudowane w pakiet oprogramowania ArcGIS firmy ESRI, bądź jako dodatki do tego oprogramowania, albo też jako programy niezależne. Dwie spośród przedstawionych metod analizy wybranych aspektów rzeźby mają charakter bardziej zindywidualizowanych procedur obliczeniowych, wykonywanych przy użyciu narzędzi pakietu ArcGIS. W rozprawie wyjaśnione są podstawy fizyczno-geometryczne w oparciu o model

stożka i ostrosłupa. Przedyskutowano sposoby zastosowania, jak również po części implikacje uzyskanych wyników, w odniesieniu do takich produktów przetworzeń numerycznego modelu terenu lub jego wybranych aspektów, jak cieniowany model rzeźby terenu, czy powierzchniowa dystrybucja zróżnicowania (tj. obraz kartograficzny - mapa): gradientu nachylenia powierzchni terenu, krzywizny powierzchni terenu, otwartości w poszczególnych punktach terenu, współczynnika widoku nieba w poszczególnych punktach terenu, indeksu topograficznego oraz jego kierunku nachylenia w poszczególnych punktach terenu. Dla lepszego zrozumienia praktycznego funkcjonowania omówionych w rozprawie parametrów powierzchni terenu i dla porównania z przykładami ich zastosowania do obiektów rzeczywistych, zostały one również przetestowane na syntetycznych, prostych modelach terenu rozpiętych odpowiednio, na powierzchni stożka oraz ostrosłupa oktagonalnego.

W rozprawie, celem wykazania ich funkcjonalności, zostały przedstawione przykłady zastosowania wszystkich wyżej wymienionych procedur i przetworzeń do rzeczywistych numerycznych modeli terenu, sporządzonych dla czterech wybranych (skądinąd, nie wiadomo na podstawie jakich kryteriów) obszarów rejonu pasma Otrytu w polskich Bieszczadach. Modele terenu dla tych obszarów wykorzystują dane wysokorozdzielczego lotniczego zdjęcia laserowego LiDAR (dostępnego z Krajowego Portalu ISOK), którego zalety oraz przydatność w szczegółowej kartografii geologicznej są również omówione i przekonująco zilustrowane w recenzowanej rozprawie.

Praca zawiera dyskusję nad zaletami oraz dostarcza przekonujących ilustracji przydatności danych skaningu laserowego LiDAR w szczegółowej kartografii geologicznej. Przedstawione w rozprawie metody analizy rzeźby terenu mają w szczególności na celu umożliwienie jak najpełniejszej identyfikacji i określenia charakterystyki uwidoczniających się na nich „lineamentów litologicznych”, które – zdaniem autora rozprawy – stanowią

(przynajmniej w warunkach obszarów o budowie geologicznej zbliżonej do budowy Karpat fliszowych) najcenniejsze i podstawowe źródło informacji dla rozpoznania szczegółów powierzchniowego układu elementów budowy geologicznej, nadających się do odwzorowania na wielkoskalowych mapach geologicznych, które umożliwiają wiarygodne rozpoznanie geometrii strukturalnej kartowanych struktur podłoża skalnego.

Szczegółowe i w miarę przystępne omówienie w rozprawie wybranych przez autora jako przydatnych „do rozpoznania budowy geologicznej” metod i procedur analizy numerycznego modelu terenu, posiada wysokie walory dydaktyczne, natomiast mniejsze – naukowe, jako że stanowi głównie relację dotyczącą już istniejących, a rozwiniętych przez innych autorów narzędzi badawczych. Pozytywnym i pomysłowym wyjątkiem jest zaproponowany przez autora rozprawy nowy parametr powierzchni terenu, nazwany przez niego kierunkiem nachylenia indeksu topograficznego, który istotnie ulepsza możliwości zastosowania w interpretacji rzeźby terenu dotychczas stosowanego bezkierunkowego parametru, opisującego stopień zróżnicowania /nierówności/ „szorstkości” reliefu – indeksu topograficznego. Krytycznie natomiast należy odnieść się do zaproponowanej nazwy tego nowego parametru, gdyż, logicznie rzecz biorąc, pojęciu „indeks”, którego wartość powszechnie rozumiana jest jako wielkość skalarna, nie bardzo można przypisać kierunkowy lub wektorowy charakter kierunku czy zwrotu. Również zaproponowany angielski odpowiednik „kierunku nachylenia indeksu topograficznego” – *topographic position index aspect* również nie jest zbyt szczęśliwy, gdyż po pierwsze nie jest dokładnym tłumaczeniem proponowanej nazwy polskiej, a po drugie – w odróżnieniu od tej ostatniej – nie jest specjalnie informatywny co do charakteru proponowanego nowego parametru powierzchni terenu. Należałoby zatem pomyśleć nad znalezieniem dla niego nazwy bardziej odpowiedniej, tak pod względem logicznym, jak i jakości „ładunku informacyjnego”.

W rozdziale 1 Wprowadzenie - doktorant przedstawia problematykę związaną z aspektami dotyczącymi wykorzystania zdalnych metod w badaniach geologicznych. Zwraca uwagę na różnice w litologii, które mogą obrazować się na materiałach teledetekcyjnych. Rozdział jest napisany trochę chaotycznie. Cel zawarty jest w pierwszym zdaniu, co zdaniem recenzującego powinno być zamieszczone w samodzielnym rozdziale i nie w jednym długim zdaniu. Rozdział zawiera częściowo zakres badań. Powinien on być wyróżniony jako samodzielny rozdział, a pierwszy rozdział powinien być ograniczony do wprowadzenia w zagadnienia pracy i poruszanej problematyki.

Rozdział 2 Litologiczne uwarunkowania widoczności lineamentów - zawiera opis ogniw litostratygraficznych występujących na wybranym obszarze testowym obejmującym pasmo Otrytu. W rozdziale zawarte są liczne powołania na literaturę.

Rozdział 3 Tło metodyczne – podzielony jest na 3 podrozdziały. Zawiera on schemat integracji danych przestrzennych i opisowych zamieszczone na fig. 4. Podstawowymi danymi są istniejące mapy geologiczne i topograficzne, NMT LiDAR. Nie jest jasne dlaczego dla wybranego niewielkiego obszaru wykorzystywano mapy małoskalowe 1 : 200 000, przy istnieniu nowych map w skali 1 : 50 000, które moim zdaniem byłyby właściwsze i wystarczające, zwłaszcza w świetle rozmiarów wybranych fragmentów do opracowania.

Rozdział 4 Wykorzystanie pochodnych NMT LiDAR dla rozpoznania lineamentów litologicznych – to bardzo obszerny rozdział obejmujący 93 str. Pracy. Podzielony jest na 9 podrozdziałów od cieniowanego modelu rzeźby terenu po intersekcję 3D. W rozdziale tym, we wstępie jest część metodyczna. Autor starał się precyzyjnie przedstawić wyniki przekształceń obrazów ukazujące różnice w litologii. Najbardziej interesujące są przekształcenia w terenach, gdzie na cieniowanym modelu słabo widoczne jest zróżnicowanie litologiczne. Autor w znacznej części rozprawy precyzyjnie przedstawia wyniki swych prac w zależności od przyjętego modelu zaleźnego od symulowania

cieniowania modeli rzeźby terenu i kierunku oświetlenia, gradientu nachylenia powierzchni terenu (modelowania gradientu powierzchni terenu), krzywizny (horyzontalnej i wertykalnej, inaczej wypukłej - dodatniej i wklęsłej - ujemnej), otwartości (rozumianej jako miara kątowa między rzeźbą terenu a widnokręgiem), współczynnika widoku nieba, indeksu topograficznego, modelowania gradientu - analityczna ocena parametrów powierzchni terenu. Ten ostatni ma na celu wskazanie parametrów powierzchni terenu, charakteryzujących się największym kontrastem w obszarach o różnym charakterze rzeźby. Zastosowanie tego parametru do analizy dobrze pokazuje elementy tektoniki dysjunktywnej oraz fałdowej. Ostatnim elementem rozpatrywanym w omawianym rozdziale pracy jest Intersekcja 3D, która pozwala przedstawić analizowany teren w przestrzeni trójwymiarowej powierzchni geologicznych. Finalnym etapem jest utworzenie modeli trójwymiarowych pakietów piaskowcowo-lupkowych. Obserwowane wydzielenia geologiczne doktorant dzieli na:

- umożliwiające interpretację ich kształtu,
- wymagające stosowania metod pośrednich;
- nie pozwalające na wykonanie rekonstrukcji bez znajomości parametrów zalegania pomierzonych w terenie.

Poruszane zagadnienia mogą z pozoru wydawać się proste, lecz występują problemy w przygotowaniu i wizualizacji, które związane są m.in. z redukcją szumów (np. związanych z lokalnymi zaburzeniami - nie geologicznymi), zastosowaniem filtrów dla gradientu nachylenia powierzchni terenu, zastosowaniem generalizacji itd.

Rozdział 5 *Phyton* – GIS szyty na miarę - w końcowej partii rozprawy krótko omówiono nowe narzędzia stworzone przez autora w języku *Python*. Autor rozprawy sugeruje, że wynik pomiaru jednego z podstawowych parametrów zalegania powierzchni geologicznych wykonany w terenie, zależy od lokalnych czynników i od jakości odsłonięcia. Jest to w części

kontrowersyjna teza, gdyż pomiar metodą trzech punktów też zależy od wielu czynników, w tym od doświadczenia interpretatora. Nie znam dokładniejszej metody pomiaru powierzchni geologicznych niż pomiar w terenie, bezpośrednio w odsłonięciu. A czy identyfikacja trzech punktów na zdjęciach jest pewna? W samym wypełnianiu tabel i doborze punktów można popełnić wiele błędów. Sam doktorant na fig. 71 wykazał różnice w pomiarach dochodzące do 31⁰ między wykonanymi pomiarami w terenie, a wykonanymi metodą trzech punktów. Który z pomiarów jest najbardziej zbliżony do rzeczywistości i bardziej miarodajny?

Rozdział 6 zawiera wnioski. Pod koniec rozdziału są one kontrowersyjne w zakresie pozyskiwania danych w terenie i z materiałów teledetekcyjnych, przyjmując założenie, że pomiary w terenie są uzupełnieniem pomiarów wykonanych na materiałach teledetekcyjnych. Każda z metod ma pewne ograniczenia i stosując ją można uzyskać błędne dane. Nie chcę przez to powiedzieć, że nie należy wykorzystywać danych pochodzących z lotniczego skaningu laserowego, zdjęć satelitarnych i radarowych, które dostarczają dużo informacji, ale na pierwszym miejscu stawiałbym pomiary i prace terenowe.

Praca w większości napisana jest poprawnie, zwłaszcza w części związanej z rozpatrywaniem zagadnień na terenie czterech niewielkich fragmentów terenu. Pod względem wkładu naukowego rozprawy najsłabszym jej elementem jest tytułowe „rozpoznanie budowy geologicznej na przykładzie wybranego fragmentu Karpat Zewnętrznych”. Wybrany element Karpat Zewnętrznych” sprowadza się do pasma Otrytu (fig. 3, rozdz. 1), a dalej ogranicza się to do wyboru czterech oddzielnych niewielkich (około 1 km x 1 km) fragmentów rejonu pasma Otrytu (fig. 10) bez uzasadnienia ich wyboru. Wcześniej autor pisze (s. 23), że „parametry terenu oceniano na całym wybranym obszarze”, lecz nie przedstawia na takie stwierdzenie żadnych danych np. mapy, a szkoda. Wybór czterech fragmentów terenu do szczegółowej analizy powinien być uzasadniony. Ponadto autor zapomniał

napisać z jakich utworów jest zbudowane podłoże analizowanych fragmentów terenu badań. Czy wybrane fragmenty dotyczą jednego opisanego ogniwa, czy położone są na różnych opisanych ogniwach? Autor wybrał stosunkowo łatwy jak na Karpaty obszar zbudowany z trzech ogniw. Chociaż na fig. 3 zaznaczony jest większy obszar i obejmuje więcej ogniw, co autor powinien uzupełnić lub zmienić zasięg terenu.

Uwagi redakcyjne

Doktorant w wielu miejscach używa określeń slangowych takich jak „morfologia”, „kontrast morfologiczny”, czasami zamiennie relief. Poprawnie powinno być „rzeźba, zróżnicowanie rzeźby”. Zwracam uwagę, że nie po raz pierwszy LiDAR dał możliwość „zajrzenia pod korony drzew, a obrazy radarowe, które stosowano już w latach siedemdziesiątych też zajrzały pod korony drzew (zob. Doktor i in.).

Na s. 3 niepoprawne powołanie się na Guzika (1961) i zdjęcia satelitarne, raczej należy zacytować podręcznik Ostaficzuka (1978). W czasach Guzika zdjęcia satelitarne nie były dostępne.

Na s. 15 w 3 akapicie znajduje się niejasne i niepoprawnie napisane zdanie, podobnie końcówka opisu tab. 1.

Szkoda, że nie zamieszczono profilu litostratygraficznego opisanych ogniw.

Wyjaśnienia wymagają zamieszczone na kilku załącznikach (począwszy od fig. 16) obliczone parametry zalegania metodą trzech punktów, dosyć różniące się od pomierzonych w terenie i intersekcji wychodni wyinterpretowanych warstw. Czy nie zachodzi tu błąd geometryczny w obliczeniach. Na modelach tych intersekcja opiera się na przebiegu czół wychodni pakietów skalnych.

Interpretacja obszaru 4 jest niepełna. Na uzyskanych obrazach moim zdaniem, można znaleźć więcej elementów niż zaznaczono.

Raz obszary są numerowane cyframi, a w innym miejscu literami (zob. fig. 18).

Na obszarze pierwszym struktury nieciągłe zaznaczają się na fig. 26. Wówczas można podjąć próbę tłumaczenia różnic między pomiarami, a obliczonymi biegami i upadami w obszarze 1.

Obszar 2 jest prawie niezinterpretowany, podobnie jak obszar 3. Obydwa są trudne do interpretacji.

Rozdział drugi obejmujący opis 3 ogniw litostratygraficznych oparty o literaturę, powinien być raczej nazwany „Budowa geologiczna rejonu Otrytu (obszaru testowego)”. Szkoda, że nie zamieszczono profilu i mapy geologicznej. Wydaje się, że na wybranym obszarze jest więcej wydzieleni niż trzy (fig. 3). Czasami niektóre dane zamieszczone w pracy można opuścić, np. kierunki transportu, gdyż one nie wnoszą nic do interpretacji modelu.

Jestem przekonany co do poprawności osiągniętych wyników, chociaż autor recenzowanej pracy ogranicza się do interpretacji różnic w litologii w oparciu o pakiety skalne z różnym udziałem piaskowców i interpretację uskoku. Gorzej jest z interpretacją tektoniki. Autor zastrzega, że „wyróżnienie lineamentów związanych z nasunięciami najczęściej wymaga znajomości informacji o budowie geologicznej, a szczególnie relacjach stratygraficznych, pozyskanych w terenie”. Moim zdaniem wymaga dużego doświadczenia interpretatora.

W pracy stwierdzono kilka błędów stylistycznych i literowych, których nie wymieniam, bo nie mają one istotnego wpływu na jakość pracy. Również zauważyłem błędy w bibliografii, gdzie przy kilku pozycjach brak jest pełnych notatek bibliograficznych. Są braki w najnowszej literaturze dotyczącej terenu badań np. Rubinkiewicz i in., 2009. Szkoda, że doktorant nie korzystał z Podręcznika dla uczestników szkoleń z wykorzystaniem produktów LiDAR pod red. P. Wężyka (2015).

Podsumowanie

Rezultaty badań wykonanych w ramach pracy doktorskiej pokazują, że mgr inż. Andrzej Świąder opanował w dostatecznym stopniu umiejętności samodzielnego ich prowadzenia, przetwarzania danych i analizy osiągniętych wyników. Jego wkład związany jest z rozwojem zastosowań nowych metod obliczeniowych i uzasadnień teoretycznych dla interpretacji geologicznych.

W opinii recenzenta doktorant spełnił wymagania zawarte w ustawie „Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce” z dnia 20 lipca 2018 r. (Dz. U. z 2018 r., poz. 1669, z późn. zm.) oraz w ustawie z dnia 14 marca 2003 r. *o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki* (Dz. U. z 2017 r., poz. 1789). Stanowi to podstawę dopuszczenia mgr inż. A. Świądera do dalszych procedur związanych z przewodem doktorskim.

Antoni Wójcik