

Gliwice, 18.12.2020 r.

Recenzja  
pracy doktorskiej mgr Michała MICHALAKA pt.:  
**„ Integracja wybranych metod i technologii w celu wyznaczania i porównywania orientacji  
powierzchni geologicznych”**

Praca doktorska Pana mgr Michała MICHALAKA stanowi oryginalną próbę zastosowania nowych metod przydatnych do rozwiązywania istotnych problemów geologii strukturalnej: wyznaczania orientacji powierzchni geologicznych oraz porównywania położenia tych powierzchni. Opiera się ona głównie na wykorzystaniu połączonych i rozwiniętych przez Autora pod względem interpretacyjnym technik triangulacji, metod geometrii obliczeniowej, grupowania i klasyfikacji danych (analiza skupień) oraz geostatystyki. Weryfikacja tego podejścia została przeprowadzona na podstawie pomiarów GPS w terenie a także danych otworowych z obszaru monokliny śląsko-krakowskiej

Uwagi wstępne

Autor podjął z pozoru temat oczywisty lecz interesujący i ważny zarówno z punktu widzenia naukowego jak i praktycznego. Dotyczy on określania, obrazowania i porównywania położenia powierzchni geologicznych, nazywanych przez Niego kontaktami. Rezultaty swych rozważań przedstawił Kandydat w trzech wartościowych publikacjach, indeksowanych w WoS:

1. Michalak M, 2018, Numerical limitations of the attainment of the orientation of geological planes. Open Geosciences. Vol.: 10.1: 395-402.
2. Michalak M., Bardzinski W., Teper L., Małolepszy Z., 2019, Using Delaunay triangulation and cluster analysis to determine the orientation of a sub-horizontal and noise including contact in Krakow-Silesian Homocline, Poland. Computers and Geosciences 133, 104322.
3. Michalak M., Bytomski G., 2018, Comparing the Orientation of Geological Planes: Motivation for Introducing New Perspectives. W: Interdisciplinary Approaches for Sustainable Development Goals: Economic growth, Social Inclusion and Environmental Protection. Springer Book Series: GeoPlanet-Earth and Planetary Sciences: 237-245.

Publikacje te, na potrzeby dysertacji, opatrzył Doktorant obszernym omówieniem i uzupełnił przykładami. Udział mgr. Michała Michalaka we wspólnych publikacjach, jak podano w informacji dotyczącej wkładu współautorów, wynosi odpowiednio 70 i 80%, co nie pozostawia wątpliwości odnośnie do Jego wiodącej w tych pracach.

---

Autor przeprowadził gruntowne studium literaturowe, obejmujące m. in. prace Calcagno et al. (2008), Caumon et al. (2009), De Berg et al. (2000) i van der Meera (1995), co pozwoliło na sformułowanie pierwszej z tez niniejszej pracy: zastosowanie metody trzech punktów w połączeniu z triangulacją Delaunaya umożliwia zaproponowanie nowej metody wyznaczania orientacji powierzchni geologicznych. Wychodząc z tego miejsca wysnuwa Autor drugą z tez: porównanie orientacji powierzchni geologicznych może odbywać się na podstawie pomiaru kąta między reprezentującymi je, odpowiadającymi sobie trójkątami Delaunaya.

Za cele pracy przyjęto konsekwentnie: wprowadzenie nowej heurystycznej metody wyznaczania orientacji powierzchni geologicznych oraz metodologii porównywania tych orientacji, definiujących różne powierzchnie.

Dla weryfikacji tezy i realizacji celów pracy Autor wykorzystał logicznie zaplanowany zestaw prac, rozpoczynając od rozpatrzenia podstawowych kwestii, związanych z wyznaczaniem orientacji, wśród których za najistotniejsze uznał: określenie kierunkowego rozkładu orientacji i jego modalności oraz sposób traktowania obserwacji odstających. Następnie przeanalizował zagadnienie porównywania orientacji różnych powierzchni i stwierdził, że wykorzystanie do tego celu projekcji stereograficznych może nie być wystarczające, zwłaszcza ze względu na fakt, że nie pozwala ono na ilościowe scharakteryzowanie podobieństw (lub ich braku) położenia tychże powierzchni i nie umożliwia wyznaczenia stref, w których są (albo nie są) one do siebie podobne.

Kolejnym etapem było zestawienie odpowiedniego pakietu narzędzi, wchodzących w skład proponowanych, nowych metodologii. Pakiet ten obejmuje:

1. metodę trzech punktów, stosowaną do wyznaczania orientacji, sprowadzonego do płaszczyzny, fragmentu powierzchni geologicznej oraz do wyznaczania kąta pomiędzy takimi fragmentami, reprezentującymi, w sensie lokalnym, różne powierzchnie;
2. triangulację Delaunaya, wykorzystywaną do tworzenia modeli analizowanych powierzchni,
3. analizę skupień, służącą do grupowania obserwacji poczynionych na tych powierzchniach, a odnoszących się do ich położenia,
4. metody statystyczne, zawężone do obliczenia podstawowych statystyk,
5. algorytm kombinatoryczny – dla wygenerowania zespołów fragmentów płaszczyzn, możliwych do skonstruowania przy danej liczbie punktów pomiarowych w odwiertach,
6. narzędzia geometrii obliczeniowej, zastosowane do manipulowania zbiorami danych i przygotowania ich wizualizacji,
7. eksploracyjną analizę danych – głównie poprzez wizualizację,
8. metody geostatystyki – do badania pola losowego odległości kątowych pomiędzy powierzchniami geologicznymi, traktowanych jako zmienna zregionalizowana.

Wykorzystując opisany powyżej zestaw metod, Autor przeprowadził weryfikację przyjętych tez pracy, wykorzystując dane terenowe oraz informacje z profili otworów wiertniczych.

---

## Omówienie publikacji będących efektem pracy doktoranta

*Michalak M., 2018, Numerical limitations of the attainment of the orientation of geological planes.*

Ta samodzielna praca doktoranta stanowi studium możliwości i ograniczeń jakie związane są z ustalaniem orientacji pewnej rzeczywistej powierzchni przy zastosowaniu dwóch metod: trzech punktów i triangulacji Delaunaya. Już we wstępie podaje Autor zaczerpnięte z literatury przykłady, dowodzące, że pewne konfiguracje wierzchołków trójkątów, określane przez Niego jako współliniowość, mają wpływ na prawidłowość obliczania pól tych trójkątów, a dalej - wyznaczania lokalizacji ich środków geometrycznych. Dla uniknięcia tych niedogodności w pracy zaproponowano wprowadzenie pewnego współczynnika współliniowości, stanowiącego dodatkowy parametr charakteryzujący trójkąty, których zbiór jest modelem danej powierzchni geologicznej. Istotnym elementem pracy były pomiary polowe, podczas których, wykorzystując metody pozycjonowania GPS, zebrano dane położenia 90 punktów, reprezentujących pewną nachyloną powierzchnię terenu. Po zastosowaniu wobec nich triangulacji Delaunaya stwierdzono, że trójkąty o wysokich współczynnikach współliniowości charakteryzowały się także anomalnymi kątami upadu. Wykonano także kombinatoryczny eksperyment obliczeniowy, w którym, dla istniejących 90 punktów, wygenerowano liczbę płaszczyzn o 3 rzędy wielkości wyższą niż uzyskana w poprzedniej triangulacji. Na tej podstawie potwierdzono, że trójkąty o relatywnie dużym polu powierzchni i niskim współczynniku współliniowości należały do zbioru cechującego się niskim rozproszeniem wartości kąta upadu. Sformułowano odnoszący się do triangulacji wniosek metodyczny, proponując, w celu zmniejszenia dyspersji rozkładu kąta upadu, ograniczenie analizowanego zbioru trójkątów do tych, których współczynnik współliniowości nie przekracza pewnej ustalonej arbitralnie wartości.

*Michalak M., Bardzinski W., Teper L., Małolepszy Z., 2019, Using Delaunay triangulation and cluster analysis to determine the orientation of a sub-horizontal and noise including contact in Krakow-Silesian Homocline, Poland.*

Ta współautorska publikacja miała na celu analizę orientacji powierzchni granicy litostratygraficznej w utworach środkowojurajskich, rozpoznanej na podstawie systemu odwiertów w obrębie monokliny śląsko-krakowskiej, przy zastosowaniu wymienionych wcześniej narzędzi analitycznych: metody trzech punktów, triangulacji Delaunaya, analizy skupień i statystyk opisowych. Na wstępie opisanych prac przeprowadzono identyfikację regionalnego trendu strukturalnego (dominującego kierunku nachylenia), stosując metody klasteryzacji hierarchicznej (k-średnich i k-medoidów) oraz ilustrując wyniki na dendrogramach. Podczas grupowania wyróżniano zespoły dwóch lub czterech skupień azymutów. W tym drugim przypadku istniała możliwość wyróżnienia, oprócz głównego trendu oraz „szumu”, także i innych zespołów danych kierunkowych. Ich geneza nie została jednak głębiej zinterpretowana. W zamian skoncentrowano się na rozważaniach metodycznych, w których efekcie sformułowano ogólne wnioski. Analizowany zbiór danych zawierał pomiary orientacji znacznie odbiegających od zgodności z trendem strukturalnym. Na tej podstawie

---

wysnuto wniosek, że analizowana powierzchnia geologiczna ma charakter poligenetyczny – jest to granica stratygraficzno-erozyjno- tektoniczna.

Zwrócono także uwagę na możliwość zobrazowania na mapie skupień wydzielonych podczas grupowania, co mogłoby dalej pozwolić na analizę występowania przestrzennych wzorców orientacji. Obserwacjom byłyby nadawane etykiety odpowiadające wyróżnionym skupieniom, które następnie byłyby przypisywane odpowiednim trójkątom Delaunaya, tworząc model nieregularny lub regularny. Mogłoby to stwarzać dalsze możliwości interpretacyjne, w tym, jak podają Autorzy, m. in. umożliwiać badanie przebiegu uskoków.

*Michalak M., Bytomski G., 2018, Comparing the Orientation of Geological Planes: Motivation for Introducing New Perspectives.*

Publikacja ta ma także charakter metodyczny i zawiera rozważania dotyczące możliwości porównywania orientacji powierzchni geologicznych. Głównym zagadnieniem jest dyskusja nad odpowiednim doбором funkcji pomiarowej dla kątów pomiędzy porównywanymi płaszczyznami; w jednej z konkluzji zawarto propozycję wykorzystania funkcji złożonej:  $\sin(tu)$ , gdzie:  $t \geq 1$  i  $u \leq \frac{\pi}{2}$ , ciągłej w przedziale  $[0, u]$ . Istotnym wątkiem tejże pracy jest też sposób przedstawiania kąta pomiędzy wycinkami płaszczyzn, reprezentujących fragmenty porównywanych powierzchni. W pracy rozpatrywano dwa podejścia do wizualizacji tego zagadnienia: mapę obrazującą trójkąty Delauneya, którym nadane są barwy reprezentujące kąt pomiędzy fragmentami analizowanych powierzchni, oraz mapę punktów odpowiadających geometrycznym środkom trójkątów Delauneya, którym przypisano pewne miary odpowiadające wartościom (lub zakresom wartości) badanego kąta. Zdaniem Autorów zaproponowane rozwiązanie może znaleźć zastosowanie w wykrywaniu niezgodności erozyjnych, a także, co budzi pewne zdziwienie, zaburzeń warstw wodonośnych o zwierciadle napiętym.

Zgodnie z zawartą w artykule koncepcją dokonano porównania orientacji trzech powierzchni geologicznych z rejonu monokliny śląsko-krakowskiej, między Opatowem (pow. Kłobucki) a Częstochową. Porównanie to poprzedzono ogólnym studium, dotyczącym stratygrafii, litologii, tektoniki oraz warunków hydrogeologicznych analizowanego obszaru. Archiwalne dane otworowe wyselekcjonowano z większego zbioru tak, aby reprezentowały wszystkie analizowane powierzchnie geologiczne, a równocześnie nadawały się do triangulacji, w której efekcie nie powstawałaby fałszywa informacja dotycząca zasięgu tychże powierzchni. Następnie, stosując interpolację liniową, wykonano mapy hipsometryczne dla tych powierzchni. Na tej podstawie zidentyfikowano ogólny trend strukturalny i zwrócono uwagę na jego lokalne zaburzenia, które dla najmłodszej z powierzchni zinterpretowano jako efekty erozji lub procesów krasowych. Dla dwóch pozostałych powierzchni (w sensie geologicznym były to powierzchnie zgodne) wykonano mapy trendów orientacji, wydzieliwszy uprzednio 4 grupy pomiarów na podstawie azymutu kierunku nachylenia oraz upadu. Następnie przeprowadzono badanie rozkładu populacji kątów (określanych tutaj terminem „odległość kątowa”) pomiędzy porównywanymi powierzchniami, wykorzystując m. in. transformacje logarytmiczne. Przetworzone w ten sposób wartości wykorzystano do

---

konstrukcji map (punktów oraz izolinii). Kolejny etap objął analizę geostatystyczną, w efekcie której, na podstawie wariogramów, zbadano zmienności pola przetworzonych logarytmicznie odległości kątowych. Dalej, metodą krigingu zwyczajnego, sporządzono mapy obrazujące podobieństwo położenia rozpatrywanych powierzchni geologicznych. Na koniec, dla dwóch par rozpatrywanych powierzchni, wykonano także mapę różnic zlogarytmowanych odległości kątowych. Zdaniem Autora, wykorzystanie metod geostatystycznych pozwoliło wykryć prawdopodobne trendy mające znaczenie geologiczne. Stwierdził On także, iż niezgodności w położeniu analizowanych powierzchni wynikać mogą z różnego wykształcenia litologicznego struktur przez nie ograniczanych. Powzięto także wnioski o przydatności map różnicowych do badania podobieństwa relacji kątowych pomiędzy parami powierzchni geologicznych.

### Uwagi krytyczne i dyskusyjne

W analizowanej rozprawie nie dopatryłem się błędów lub uchybień natury merytorycznej czy formalnej, które znacząco wpływałyby na jej ostateczną ocenę. Poniżej, w kolejności zgodnej z tekstem, zamieściłem spostrzeżenia i komentarze oraz sformułowałem nieliczne wątpliwości, dotyczące fragmentów pracy. Niektóre z uwag mogą być przydatne przy przygotowywaniu kolejnych publikacji.

- Strona 2 – We Wstępie zamieszczono zdanie mówiące, że „...w przeciwieństwie do wyznaczania orientacji, nie istnieje w geologii dostatecznie rozbudowana...metodologia porównywania orientacji dwóch porównywalnych struktur.” Czy odnosi się to także do, na przykład, wergencji fałdów, równoległości ich osi lub nawet układu struktur liniowych w nieporównywalnych z pozoru strukturach geologicznych takich jak powierzchnie uskoków przesuwczych i zespoły fałdów kulisowych w ich nadkładzie?
- Strona 2 – Gwoli ścisłości – warunkiem dla porównywania kontaktów geologicznych nie musi być ich udokumentowanie przez wspólną sieć otworów wiertniczych, kontakty te mogą być wykryte innymi metodami np. geofizycznymi lub poprzez rozłączne siatki wierceń, np. prowadzonych z powierzchni oraz z niżejleżących wyrobisk górniczych.
- Strona 3 – Nie jest jasne co Autor miał na myśli pisząc, że dzięki triangulacji Delaynaya można zastosować metodę trzech punktów na szerszą skalę. Czy chodziło tu o zwiększenie jej użyteczności?
- Strona 3 – Używane są tu nieprecyzyjne, wynikające ze skrótów myślowych, określenia n.p.: „Powierzchnie te,..., są kontaktami geologicznymi...i są zdefiniowane przez sieć otworów.” Chodziło tu raczej o powierzchnie, które zidentyfikowano w otworach.
- Strona 5 – przy omawianiu map wytworzonych metodami interpolacyjnymi wyrażono zdanie, iż nie wydają się one narzędziem odpowiednim do oceny dominującej orientacji. Trudno się z tym zgodzić, zwłaszcza, że użytkownik takich map może oszacować taką orientację, w przypadku gdy jest na mapie wyrażona. Dowodzi tego dalej sam Autor na stronie 86, gdzie pisze o jednostajnym nachyleniu granicy geologicznej w kierunku NE. Ponadto zakłada On, że niektóre zabiegi interpretacyjne wymagają wręcz arbitralnego (lub intuicyjnego?) dokonania oceny podobieństwa cech kierunkowych - tak można zrozumieć tekst ze str. 6 „...dominująca orientacja jest uzyskiwana w procesie uśredniania **podobnie** zorientowanych wektorów, o których **zakłada się**, że najlepiej

---

reprezentują badany trend.” Zagadnienie kryteriów wydzielenia takich podobnych cech kierunkowych znajduje jednak pewien szerszy opis w dalszej części rozprawy, gdzie mowa jest m.in. o klasteryzacji.

- Strona 6 – ostatnie zdanie rozpoczynające się na tej stronie od słów: „Należy zwrócić uwagę, że choć strukturalne interpretacje uzyskiwanych wyników wydają się najbardziej prawdopodobne, to analizowane jurajskie sekwencje zawierają hiatusy.....” jest jednym z wielu spotykanych w rozprawie przykładów stylu pisania, który delikatnie mówiąc, nie ułatwia odbioru treści przez czytelnika.
- Strona 8 – wymieniono tu przyczyny dla których projekcje stereograficzne są niewystarczającym rozwiązaniem dla porównywania orientacji obiektów geologicznych. Druga z przyczyn „Porównywanie...orientacji za pomocą siatek stereograficznych nie angażowałoby żadnej miary pozwalającej na ilościową charakterystykę podobieństwa między kontaktami.” W praktyce diagramy stereograficzne pozwalają zarówno na przedstawianie trendów orientacji różnych powierzchni jak i ich porównywanie, łącznie z wyznaczaniem kąta między nimi. Prostem i sprawnym narzędziem są tutaj np. diagramy konturowe.
- Strona 8 – Terminologia oraz sposób wypowiedzi są miejscami nieprecyzyjne. Na przykład niedokładnie wiadomo co oznacza termin „... niezgodność kątowna pomiędzy dwoma kontaktami geologicznymi...”. Niezgodność kątowna może występować na kontakcie geologicznym. Może chodzić tu zarówno o brak równoległości nie sąsiadujących ze sobą kontaktów geologicznych, jak i o brak zgodności kąta upadu powierzchni sedymentacyjnych (będących kontaktami) w dwu kontaktujących się ze sobą zespołach warstw.
- Zamienne i dość dowolne stosowanie terminu powierzchnia, kontakt i granica nie służy przekazowi treści formułowanych w pracy. W pewnym miejscu pojawia się nawet dziwaczne określenie, oksymoron: „kontakt rozdzielający” (str. 78).
- Strona 13 – Mowa tu o „dwuwymiarowym trójkącie”; czym różni się on od innych trójkątów?
- Strona 16 – Zwrócono tu uwagę, że w analizie skupień, przy zastosowaniu odległości euklidesowej prawie pionowe spękania zapadające w różnych kierunkach nie zostaną uznane za podobne i dlatego przy grupowaniu spękań używana jest odległość kątowna. Z kontekstu wynikałoby, że odległość kątowna jest, podobnie jak odległość euklidesowa, miarą rozbieżności pomiędzy grupowanymi obiektami.
- Strona 16 – Zastrzeżenie, że Autor nie znalazł opracowań, w których wykorzystano analizę skupień do grupowania wyników obserwacji na jednostajnie nachylonych i zuskokowanych powierzchniach można było uzupełnić informacją o tym gdzie stosowano tę metodę w geologii strukturalnej, oprócz analizy spękań.
- Strona 27 – Pojawia się tutaj niespotykany w polskojęzycznej literaturze termin „współliniowość trójkątów”. Nie jest on jednoznaczny – czy jest to własność pewnych trójkątów (które właściwie już nie są trójkątami jeśli wierzchołki tych trójkątów są współliniowe) czy też jakaś relacja pomiędzy kilkoma trójkątami. W przywołanej publikacji Goldberga (1991) użyto sformułowania „flat triangle”, które też nie jest idealne. Może lepiej wykorzystać w przyszłości określenie zbudowane na bazie terminu „trójkąt rozwartokątny”?

- 
- Strona 33 – Przedstawiono tu rysunki, z których wynika, że „współliniowe” (w rozumieniu Autora tej pracy) trójkąty charakteryzowały się odstającymi wartościami (outliers) upadu, co opisano także na str. 28. Czy nie jest możliwe, że wartości tych upadów związane są z przyczynami naturalnymi np.: występowaniem skarp, co byłoby prawdopodobne dla fizycznych granic poligonu badawczego.
  - Strona 39 – Na początku rozdz. 4.2.1.2. pisze Autor o monoklinie, nie podając jej nazwy. Dalej mowa jest o mułowcach z horyzontami syderytowych i węglanowych konkrecji; syderyt jest węglanem.
  - Strona 40
    - luka stratygraficzna nie tyle obejmuje zonę amonitową ile raczej odpowiada tej zonie,
    - czy monoklina jest „jednostajnie pochylona”, czy też utwory ją budujące są nachylone w tym samym kierunku.
    - styl zdania rozpoczynającego się od słów: „Dlatego obserwacje zapadające w kierunku...” jest niepoprawny.
  - Strona 60 – Stwierdzono tu, że opisana wcześniej metoda, oparta m. in. na grupowaniu, może być wykorzystana do badania przebiegu uskoków. Prezentowane dalej mapy: Fig. 4.1 – 4.4 teoretycznie dają taką możliwość, podobnie jak i różne inne rodzaje map geologicznych lub czasem nawet topograficznych. W pracy brakuje głębszego porównania pomiędzy metodami proponowanymi przez Autora do rozwiązywania rozważanych problemów a metodami stosowanymi tradycyjnie w geologii.
  - Strona 76 – Opisana tutaj przydatność proponowanych narzędzi do badania zaburzeń w poziomach wodonośnych o zwierciadle napiętym wymagałaby rozwinięcia i odpowiedzi na pytanie o jakie zaburzenia tutaj chodzi.
  - Strona 78 – Rozpoczyna się tutaj opis stratygrafii analizowanego dalej fragmentu monokliny śląsko-krakowskiej. Informacje w nim zawarte nie są jednak wykorzystane w przedstawionym dalej przykładzie porównywania orientacji powierzchni geologicznych.
  - Strona 81 – W rozdziale 4.3.2.2. napisano o pokrywie osadowej, nie podając jakiej struktury to jest pokrywa i zapominając o utworach czwartorzędowych.
  - Strona 84 – Wspomniano tu o selekcji danych: „...zmniejszono zakres dostępnych odwiertów poprzez odrzucenie tych odwiertów, które znajdowały się na lewo od ustalonej prostej (Fig. 4.6)”. Fig. 4. 6 to mapa, zatem należało napisać że odrzucono te odwierty które usytuowane były na wschód (?) od ustalonej linii a przede wszystkim należało tę linię pokazać lub opisać jej przebieg.
  - Strona 86-88 – Opisano tu 4 grupy orientacji lub upadu powierzchni przypisując im odmienne barwy, co uwidoczniono na Fig. 4. 10 (str. 89). Trzeba stwierdzić, że mapy takie, dla przeciętnego czytelnika, nie są tak łatwe w odbiorze jak mapy poziomicowe.
  - Strona 90 – Wspomniano tu o formie znajdującej się na N od Waleńczowa, odwołując czytelnika do Fig. 4.13. Na tej figurze Waleńczowa jednak nie zaznaczono, przez co nie jest jasne o której z form jest mowa.
  - W rozdziale 4 mapy mają różne układy współrzędnych, np. Fig. 4.5 i 4.6.
  - Strona 104 – Autor wyraża pogląd, że niezgodności pomiędzy morfologią kontaktów można badać poprzez nałożenie odpowiednich map poziomicowych, co też ilustruje dalej na Fig.4.26. No właśnie – znowu pojawia się zatem pytanie jaka jest przewaga metody proponowanej przez Autora nad rozwiązaniami tradycyjnymi.

---

W swojej dysertacji Doktorant skupia się na rozwijaniu i przedstawianiu własnego zestawu metod obliczeniowych i wizualizacyjnych. Z punktu widzenia ich popularyzacji jest to podejście właściwe, nie mniej szkoda, że Autor nie w pełni skorzystał z możliwości podjęcia dyskusji, prowadzącej do porównania z innymi metodami geologii strukturalnej.

Najbardziej istotne walory rozprawy mają charakter metodyczny i wynikają głównie ze sprawnego połączenia w koherentny zbiór kilku metod i narzędzi, które, jak zostało to udowodnione na podanych w pracy przykładach, sprawnie spełniają swoje zadanie. Wywody przedstawione w pracy zostały dobrze zaplanowane i rzetelnie przeprowadzone, a wnioski wyciągnięte na ich podstawie są dobrze ugruntowane. Świadczy to o znacznych umiejętnościach Autora w tej dziedzinie.

W podsumowaniu należy podkreślić, że recenzowana rozprawa doktorska Pana mgr Michała Michalaka stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i posiada znaczną wartość merytoryczną. Autor dowiódł umiejętności selekcji i przedstawiania zebranych danych, analizowania faktów, planowania i przeprowadzania obliczeń a także krytycznej i wnikliwej interpretacji ich rezultatów, **w celu wyznaczania i porównywania orientacji powierzchni geologicznych**. Potwierdza to, że Doktorant prezentuje znaczną wiedzę teoretyczną oraz posiada umiejętności samodzielnego planowania i prowadzenia badań naukowych.

#### Konkluzja

Recenzowana praca doktorska pt.: „Integracja wybranych metod i technologii w celu wyznaczania i porównywania orientacji powierzchni geologicznych” spełnia warunki stawiane w *Ustawie z dnia 21 kwietnia 2017 r. o zmianie ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki oraz niektórych dalszych ustaw (Dz. U. 2017, poz. 859)* oraz *Ustawie z dnia 20 lipca 2018 r. Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. 2018, poz. 1668)*. Wobec powyższego stawiam wniosek do Komisji Doktorskiej i Rady Naukowej Instytutu Nauk o Ziemi Uniwersytetu Śląskiego o dopuszczenie Pana mgr Michała Michalaka do dalszego toku przewodu doktorskiego. Ponadto mając na względzie wysoki poziom merytoryczny oraz znaczną oryginalność pracy wnioskuję o jej wyróżnienie.