

Dr hab. inż. Agnieszka Malinowska Prof. Uczelni

Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie
Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska
Katedra Ochrony Terenów Górniczych, Geoinformatyki i Geodezji Górniczej

Recenzja rozprawy doktorskiej

mgr inż. Karoliny Owczarz

nt.:

**„Modelowanie przemieszczeń powierzchni terenu wywołanych
sejsmicznością indukowaną z zastosowaniem metody uczenia
maszynowego”**

Recenzję sporządzono na zlecenie Przewodniczącego Rady Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej z dnia 10 marca 2022 r (RDNDO8/27/2022).

1. Ogólna charakterystyka zakresu i treści rozprawy

Recenzowana praca została opracowana przez Doktorantkę wydziału Geoinżynierii, Górnictwa i Geologii w Katedrze Geodezji i Geoinformatyki na Politechnice Wrocławskiej. Promotorem pracy Pani mgr inż. Karoliny Owczarz był Pan Dr hab. inż. Jan Blachowski, Prof. Uczelni.

Niniejsza rozprawa liczy 189 stron oraz zawiera 105 rysunków (w tym 21 w Dodatku A) i 33 tabele (w tym 10 w Dodatku A). Wprowadzenie teoretyczne oparto na 295 pozycjach literatury, gdzie 37 z nich to pozycje polskojęzyczne i 258 to pozycje anglojęzyczne. Na podkreślenie zasługuje fakt umieszczenia po spisie treści, skorowidzu skrótów stosowanych w pracy. Jest to godne polecenia rozwiązanie znacznie przyczyniające się do lepszego zrozumienia kolejnych etapów badań.

We wstępie pracy Autorka dokonuje wprowadzenia w podstawowe pojęcia dotyczące przekształceń powierzchni terenu związanych z działalnością górnictwem. Koncentruje się na charakterystyce zaburzenia równowagi w górotworze generowanej przez eksploatację górnictwem. Następnie Autorka omawia zjawisko występowania wstrząsów indukowanych i zagrożeń związanych z ich występowaniem w środowisku terenu górnictwem. Analizując istniejący stan wiedzy z tego zakresu przytacza szereg publikacji, w których elementy powierzchniowe środowiska terenów górnictwem były badane, bądź dyskutowane. W tej wstępnej części pracy Autorka słusznie zwraca uwagę na złożoność problemów dotyczących zjawiska sejsmiczności indukowanej i jej szkodliwego wpływu na budynki i infrastrukturę

techniczną. Kolejno omawia dotychczasowe prace badawcze, które pozwoliły na określenie przemieszczeń spowodowanych zdarzeniami sejsmicznymi występującymi w przeszłości, w oparciu o interferometrię SAR. Motywacja podjęcia problemu badawczego jest bardzo klarownie zarysowana i uzasadniona w oparciu o szczegółową analizę dotychczasowego stanu wiedzy bazującego, jak już wspomniano na 295 pozycjach literaturowych. Jest to mocna strona pracy. W kolejnym rozdziale Autorka określa cel i tezę pracy, która jest poprzedzona szczegółowo i klarownie sformułowanymi pytaniami badawczymi (Rozdział 1.2). W ramach prowadzonych badań zdefiniowano następującą tezę: *„Modelowanie deformacji terenu wywołanych wstrząsami górnictwem jest możliwe z wykorzystaniem nadzorowanego uczenia maszynowego na podstawie danych o przemieszczeniach LOS i warunkach górnictwo-geologicznych”*.

Uważam, że teza nosi znamiona nowatorskości, głównie ze względu na proponowane narzędzia matematyczne (uczenie maszynowe), które będą wykorzystywane do modelowania deformacji powierzchni terenu generowanych przez wstrząsy indukowane. Głębsza analiza tezy nasuwa kilka wątpliwości. Metody teledetekcji satelitarnej do oceny ruchów powierzchni terenu były już wykorzystywane, co Autorka sama podkreśla w części teoretycznej pracy. Analiza relacji pomiędzy sejsmicznością indukowaną a warunkami górnictwo-geologicznymi nie stanowi nowego ujęcia problemu. Jednak może być ciekawym rozwiązaniem praktycznym, biorąc pod uwagę wykorzystane do tego celu uczenie maszynowe. Autorka planuje modelować przemieszczenia powierzchni w kierunku LOS, jest to słabsza strona badań. Nasuwa się w związku z tym pytanie, dlaczego przemieszczenia powierzchni terenu nie będą analizowane również w kierunkach poziomym i pionowym?

Pomimo tych wątpliwości uważam, że postawiona teza może być przedmiotem obrony zwłaszcza w świetle wykorzystanych modeli matematycznych.

Na uwagę zasługuje szczegółowo zaprezentowana koncepcja badań podzielona na VIII etapów jasno scharakteryzowanych (Rozdział 1.3) oraz zakres pracy (Rozdział 1.4). Jest to mocny punkt rozdziału pierwszego.

Badania zostały przeprowadzone dla jednej z największych kopalń miedzi na świecie - kopalni KGHM S.A. oddział O/ZG Rudna.

Dalsza część pracy (Rozdział 2) stanowi w dalszym ciągu część wstępną - literaturową pracy. Przedstawiony został aktualny stan wiedzy problemu badawczego. Na 12 stronach obszernie omówiono zjawisko sejsmiczności indukowanej w górnictwie podziemnym prezentując przyczyny i mechanizmy kształtowania się wstrząsów. Omówiono metody wykorzystywane do estymacji lokalizacji wstrząsów oraz ich energii i magnitud. Budzi wątpliwość celowość rozdziału dotyczącego prognoz ciągłych deformacji powierzchni terenu wywołanych tylko samą eksploatacją górnictwem, gdyż w dalszych badaniach ta teoria nie jest wykorzystywana. Kolejno skoncentrowano się na charakterystyce metod pomiaru deformacji terenu wywołanych sejsmicznością indukowaną (Rozdział 2.7). Jest to bardzo istotny rozdział w kontekście planowanych badań. W oparciu o przytoczone publikacje została zdefiniowana nisza badawcza sformułowana pod koniec rozdziału 2. Podpunkty a),

c), d), e) zostały ciekawie zdefiniowane. Podpunkt b) był już przedmiotem badań prezentowanych w literaturze.

Rozdział 3 zajmuje 5 stron i została w nim przedstawiona bardzo zwięźle charakterystyka rejonu badań. Rozdział ten jest bardzo przejrzysty i graficznie bardzo ciekawy i dopracowany. Charakterystyka metod wykorzystanych do badań została zaprezentowana w rozdziale 4, który również jest bardzo zwięzły i rzeczowy. Umówiono w tym rozdziale między innymi metody SAR oraz metody uczenia maszynowego, które są podstawą przyjętego warsztatu badawczego. Rozdział 5, to zasadnicza badawcza część pracy (ponad 74 strony), w którym zaprezentowano możliwości wykorzystania uczenia maszynowego i SAR do analizy miejsc występowania wstrząsów indukowanych w odniesieniu do warunków górniczo-geologicznych. W rozdziale 7 zawarto podsumowanie całości badań, wnioski końcowe oraz wkład badań w dziedzinę.

2. Ocena merytoryczna i formalna

We wstępie, w rozdziale 1.3 przedstawiona została koncepcja badań, oparta o badania literaturowe przeprowadzone we wstępnej fazie dociekań. Jest to niezmiernie ważny element badań mający na celu zarysowanie niszy badawczej. Autorka powołuje się na znaczącą ilość publikacji (295). Wykazuje jak dużym problemem są wstrząsy indukowane działalnością górniczą oraz jak bardzo skomplikowany jest proces ich monitoringu. Jest to rozdział przemyślany, a opis jest merytoryczny i skondensowany. Kolejnym rozdziałem, który jest rozdziałem teoretycznym, jest rozdział 4, gdzie Autorka przedstawia metodykę badawczą. Omawia w tej części podstawy monitoringu SAR takie jak metoda DInSAR, metoda SBAS. Kolejne podrozdziały poświęcone są opisom metod matematycznych wykorzystanych do modelowania. Są to metody statystyczne: statystyka przestrzenna, statystyka opisowa; uczenie maszynowe oraz las losowy. Metody przedstawione są klarownie, niemniej jednak brak w tym rozdziale głębszej refleksji dotyczącej wad i zalet tych metod. Ponadto uzasadnienie wyboru tych metod jest dość enigmatyczne. Rozdział 5 jest to główna badawcza część pracy. Rozdział ten rozpoczyna się od prezentacji ogólnego ideowego schematu metodyki badań (Rys. 16, strona 50). Jest to bardzo dobre wprowadzenie naświetlające jasno sprecyzowane, kolejne etapy badań.

Metodyka badawcza polegała na łącznym wykorzystaniu technologii InSAR do wyznaczania przemieszczeń powierzchni terenu wywołanymi wstrząsami indukowanymi na terenie górniczym. Do analizy wyników obserwacji satelitarnych wykorzystano statystyki przestrzenne. Kolejna część badań była poświęcona analizie relacji pomiędzy przemieszczeniami powierzchni terenu a czynnikami górniczo-geologicznymi. Do określania tych relacji wykorzystano statystyki opisowe. W ten sposób Autorka zamierzała zidentyfikować jednoznacznie interpretowalne ruchy terenu niezwiązane z eksploatacją górniczą a jedynie wstrząsami górniczymi i warunkami górniczo-geologicznymi. Koncepcja metodyki badawczej nosi znamiona oryginalności. Jej realizacja została poprowadzona przejrzysto. Wykonanie badań omówione jest poprawne i przejrzyste. Mam pewne

wątpliwości co do uzyskanych wyników, tj. estymacji przemieszczeń powierzchni terenu otrzymanych z danych satelitarnych. Autorka nie zamieściła pogłębionej dyskusji dokładnościowej uzyskanych w kierunku LOS wyników. Pojawia się również pytanie, dlaczego Autorka nie analizowała przemieszczeń pionowych i poziomych powierzchni terenu, jedynie przemieszczenia w kierunku LOS. Jest to spory mankament badań. Jest to moje główne zastrzeżenie do prezentowanej metodyki badań.

3. Ocena końcowa rozprawy i konkluzja

Po dogłębnym zapoznaniu się z pracą doktorską Pani mgr inż. Karoliny Owczarz mogę stwierdzić, że Autorka dobrze przeanalizowała i wykazała ogólną wiedzę w zakresie badań terenów przekształconych antropogenicznie. W pracy Autorka poprawnie scharakteryzowała cechy działalności górniczej i jej wpływ na występowanie wstrząsów indukowanych oraz przemieszczenia powierzchni terenu. Bardzo rzetelnie został omówiony wpływ uwarunkowań geologicznych na ruchy powierzchni teren, wykazując przy tym znaczną wiedzę Autorki. Materiał badawczy pozyskany z kopalni KGHM S.A. oddział O/ZG Rudna jest bardzo bogaty. Autorka wykazała się dużym zaangażowaniem w prezentowane badania. Zaprezentowane zastosowania modeli są nowatorskie i stanowią nowe ujęcie problemu określenia relacji pomiędzy uwarunkowaniami górniczo-geologicznymi a przemieszczeniami wywołanymi wstrząsami. Można zatem stwierdzić, że praca dotyczy dyscypliny naukowej inżynieria środowiska, górnictwo i energetyka. Przedstawiona przez Doktorantkę koncepcja badań, metodyka badawcza, sposób przeprowadzenia badań i wysnute wnioski świadczą o niezbędnej umiejętności samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w dyscyplinie. Koncepcja łącznego wykorzystania technologii InSAR do wyznaczania zmian przemieszczeń powierzchni terenu generowanej przez wstrząsy indukowane niewątpliwie jest oryginalna. Ponadto na uwagę zasługuje fakt, że Autorka osiada już 8 znaczących publikacji (3 w czasopismach LF, wydawnictwo MDPI; 5 inne międzynarodowe publikacje). Według bazy SCOPUS indeks-H doktorantki to 3, a liczba cytowań 17. Biorąc pod uwagę, krótki okres od ukazania się tych publikacji jest to znaczące osiągnięcie, świadczące o dużym zainteresowaniu realizowanymi przez Doktorantkę badaniami.

Chcąc wyrobić sobie pogląd na ostateczną wartość recenzowanej pracy, poniżej zostały zestawione moje subiektywne oceny w dziesięciu kryteriach, które zazwyczaj stanowią podstawę recenzji badań naukowych. Przyjęto następującą punktację:

- 3 – Dostateczna,
- 4 – Dobra,
- 5- Bardzo dobra.

Ponadto wprowadzono wagi istotności kryterium oceny. Wagi znajdowały się w zakresie od 1 - niska do 3 - wysoka.

Kryterium oceny	Waga	Ocena			
		Dostateczna	Dobra	Bardzo Dobra	Punkty

					ogółem waga
Staranność redakcji pracy	1			5	5
Strona graficzna pracy	1			5	5
Literatura i powołania	2			5	10
Czy przyjęto poprawne założenia w nawiązaniu do stanu wiedzy	3		4		12
Umiejętność krytycznego podejścia Autora do stanu wiedzy	3		4		12
Umiejętność dowodzenia i uzasadniania tez	3			5	15
Czy wyniki badań zostały zweryfikowane/ skonfrontowane z wynikami innych badaczy	3		4		12
Dobór metod badawczych	3		4		12
Oryginalność rozwiązań stosowanych w badaniach	3			5	15
Wkład Doktorantki w rozwój dyscypliny	3			5	15
RAZEM	25				113

W dziesięciu przyjętych kryteriach przyznałam sześć ocen bardzo dobrych i 4 oceny dobre. Biorąc pod uwagę powyższe noty i uzyskaną zważowaną sumę punktów równą 113, pracę można by ocenić na ponad dobrą (4,5), gdyby takie oceny były formalnie przyjęte.

Biorąc pod uwagę całość oceny pracy stwierdzam, że recenzowana rozprawa doktorska mgr inż. Karoliny Owczarz pod tytułem „Modelowanie przemieszczeń powierzchni terenu wywołanych sejsmicznością indukowaną z zastosowaniem metody uczenia maszynowego” 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” oraz rozporządzenia MNiSW z 26.09.2016 r. w sprawie szczegółowego trybu i warunków przeprowadzenia czynności w przewodzie doktorskim, w postępowaniu habilitacyjnym oraz w postępowaniu o nadanie tytułu profesora (Dz.U. 2016.1586), dla kandydata do stopnia doktora nauk technicznych. W związku z tym przedkładam wniosek Radzie Dyscypliny Naukowej Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Politechniki Wrocławskiej o dopuszczenie rozprawy do publicznej obrony.

Agnieszka Malinowska

 Agnieszka Malinowska