

Prof. dr hab. inż. Anna Chrzanowska
University of New Brunswick

dn. 20. 08. 2023 r.

RECENZJA

rozprawy doktorskiej mgr inż. Bartosza Apanowicza

nt. „Analiza obniżeń powierzchni na terenach górniczych i pogórnich w aspekcie zasięgu i czasu z wykorzystaniem interferometrii satelitarnej”.

Recenzja rozprawy doktorskiej została opracowana na zlecenie prof. dr hab. inż. Stanisława Prusek Dyrektora GIG i Rady Naukowej GIG, plac Gwarków 1, 40-166 Katowice z dnia 6.7. 2023 r.

1. Ocena istotności i aktualności tematu

Analiza i określenie wpływu na deformacje powierzchni procesów eksploatacyjnych i poeksploatacyjnych zachodzących w górotworze ma duże znaczenie w zagospodarowaniu i bezpieczeństwie infrastruktury na danych obszarach. Określenie wpływu procesów poeksploatacyjnych jest ważnym problemem w prowadzeniu dalszego rozwoju na obszarach pogórnich nie tylko w Polsce, ale także w innych krajach na świecie. W ostatnich latach wiele kopalni węgla zostało zamkniętych ze względu na czynniki ekonomiczne i ekologiczne. Po ustaniu działalności górniczej nadal zachodzą procesy zmian naprężeń w górotworze, które mają wpływ na deformacje powierzchni. Deformacje te mogą być jednak trudne do prognozowania. Jednocześnie czas występowania deformacji na powierzchni jest ważnym czynnikiem w wyznaczeniu charakterystyki zachowania się powierzchni. W Polsce przykładem występowania deformacji eksploatacyjnych i poeksploatacyjnych jest teren Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW.)

Metody satelitarnej interferometrii radarowej (InSAR), wykazują potencjał do wyznaczania ruchów powierzchni na terenach górniczych. Pomiar InSAR posiadają ograniczenia w wyznaczeniu przemieszczeń wynikające długości fali nadajnika i warunków powierzchni, która jest monitorowana. Opracowanie zastosowania techniki InSAR do wykrywania dużych obniżeń powierzchni, (przekraczających 1000 mm) i czasowości ich ujawniania na powierzchni oraz do identyfikacji ich zasięgu może być istotne dla Górnośląskiego Zagłębia Węglowego (GZW).

Opisane w pracy mgr inż. Bartosza Apanowicza badania zostały przeprowadzone przez autora w ośmiu wybranych lokalizacjach (KWK Piast – Ziemowit Ruch Piast, KWK Bobrek –

Piekary Ruch Bobrek, ZG EKO-PLUS, KWK ROW Ruch Marcel, KWK Ruda Ruch Pokój (obecnie SRK Oddział KWK Pokój I - Pokój II), KWK Ruda Ruch Halemba, KWK „Borynia – Zofiówka” Ruch Zofiówka, i śródmieście Bytomia, na obszarze GZ.

W badaniach autor wykorzystał zobrażenia SAR pochodzące z Europejskiej konstelacji satelitów radarowych Sentinel-1A/1B, na podstawie których wyznaczono ruchy powierzchni terenu metodami szeregów czasowych SBAS i PSInSAR. Do weryfikacji otrzymanych wyników posłużyły obniżenia powierzchni zmierzone klasycznymi metodami geodezyjnymi.

Opracowana metodologia wykrywania dużych deformacji metodami InSAR może być stosowana do wykrywania dużych obniżen powierzchni terenu na obszarach kopalń GWZ. Rezultaty opisane w pracy mogą być wykorzystane w zakresie ochrony powierzchni terenów górniczych i pogórnicznych w KWZ. Dodatkowo przedstawiony koncept zastosowania technologii InSAR do wyznaczania przemieszczen powierzchni na terenach górniczych i pogórnicznych jest bardzo aktualny.

2. Układ i treść rozprawy

Przedstawiona do recenzji rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Apanowicza jest o objętości 189 stron. Praca składa się z dziewięciu rozdziałów, Biografii i Załącznika.

Lista rozdziałów jest następująca:

1. Wprowadzenie,
 2. Charakterystyka problemu badawczego ,
 3. Stan wiedzy dotyczący problemu badawczego ,
 4. Identyfikacja rejonów badawczych,
 5. Charakterystyka zastosowanych metod badawczych oraz analiza otrzymanych Wyników,
 6. Wyznaczania dużych obniżen z zastosowaniem pomiarów InSAR – SBAS,
 7. Określenie zasięgu deformacji górniczych ,
 8. Czas zanikania deformacji na terenach pogórnicznych,
 9. Wnioski.
- Bibliografia
Załączniki

W rozdziale pierwszym zatytułowanym „Wstęp” autor w dużym skrócie opisał problem deformacji i przedstawił cele pracy i ostatecznie określił cel: „Adaptacja metod InSAR do wykrywania dużych obniżen powierzchni w warunkach GZW, a także wyznaczania zasięgu i czasu zaniku deformacji.” Następnie autor podał tezę pracy: „Metody interferometrii satelitarnej pozwalają na wyznaczanie dużych obniżen powierzchni powstałych na skutek eksploatacji górniczej prowadzonej w warunkach GZW oraz na określanie granic zasięgu i czasu zaniku deformacji powierzchni na terenach górniczych i pogórnicznych”.

W rozdziale drugim zatytułowanym „Charakterystyka problemu badawczego” autor podał ogólną charakterystykę techniki InSARu, oraz opis kategorii terenu górniczego z określeniem granicznej wartości osiadania dla kategorii I terenu. Dodatkowo autor przedstawił metody prognozowania deformacji i zamieścił opis InSAR.

W rozdziale trzecim zatytułowanym „Stan wiedzy dotyczący problemu badawczego” autor przedstawił opis wskaźników deformacji powierzchni. Autor przedstawił metody prognozowania deformacji i zastosowania metod satelitarnych.

W rozdziale czwartym zatytułowanym „Identyfikacja regionów górniczych” autor opisał ogólnie Górnośląskie Zagłębie Górnicze (GZW) oraz wybranych osiem rejonów badawczych.

W rozdziale piątym zatytułowanym „Charakterystyka zastosowanych metod badawczych oraz analiza otrzymanych wyników” autor opisał przetwarzanie obrazów SAR metodą ABAS. Autor podał, że wielkości obniżen terenu, które w niektórych przypadkach przekraczały 1m. Autor pokazał niezgodność wyznaczenia osiadania niwelacją i metodą SBAS. Autor opisał metodę PSInSAR i przebieg przetwarzania obrazów tą metodą. Autor przedstawił przemieszczenia w funkcji czasu.

W rozdziale szóstym zatytułowanym „Wyznaczania dużych obniżen z zastosowaniem pomiarów InSAR-SBAS” autor opisał analizę zależności pomiędzy prędkością obniżania się powierzchni a niedoszacowaniem wyników InSAR-SBAS. Następnie autor wyznaczył duże deformacje metodą zależności liniowych i opracował diagram wyznaczania dużych deformacji. Autor przeprowadził walidację metody zależności liniowych.

W rozdziale siódmym zatytułowanym „Określenie zasięgu deformacji górniczych” autor opisał metodykę wykorzystaną do określenia zasięgu deformacji górniczych i dopasowanie otrzymanych wyników stosując metodę SBAS do wyników otrzymanych z pomiarów stosując niwelację.

W rozdziale ósmym zatytułowanym „Czas zanikania deformacji na terenach górniczych” autor opisał analizę zanikania deformacji w oparciu o pomiary geodezyjne i zastosował wzory teorii empirycznej do wyznaczenia tego czasu. Autor zastosował metodę PSInSAR do wyznaczenia małych przemieszczeń.

W rozdziale dziewiątym zatytułowanym „Wnioski” autor podał 10 wniosków, na które składają się: cztery wnioski dotyczące metody SBAS, trzy wnioski dotyczące zasięgu deformacji, i trzy wnioski czasu zanikania deformacji.

W rozdziale Biografia, który ma 14 stron i zawiera 186 pozycji, autor podał spis literatury.

W Załączniku autor przedstawił mapę regionów badawczych.

3. Ocena realizacji zamierzeń badawczych

Mgr inż. Bartosz Apanowicz wykonał swoją pracę doktorską pod kierunkiem dr hab. inż. Andrzeja Kowalskiego, prof. GIG i dr hab. inż. Wojciecha Milczarka, prof. PWr, którzy są

cenionymi specjalistami w zakresie badania deformacji górotworu na terenach górniczych i wyznaczania tych deformacji stosując technikę InSAR. Podjęty przez mgr inż. Bartosza Apanowicza temat rozprawy doktorskiej związany z zastosowaniem technik pomiarowych SAR do wyznaczania dużych deformacji jest nowatorski i wymagał dużego nakładu pracy. Praca doktorska zawiera opis zastosowań SAR i przetwarzania danych opisanego na podstawie Literatury.

Pracę można podzielić na następujące cztery części: 1) Wstęp, 2) Opis problemu i obszaru badawczego, 3) Realizacja pracy, i 4) Wnioski

W pierwszej części pracy autor przedstawił krótki opis deformacji górniczych i przedstawił cel i tezę pracy. W drugiej części autor podał podstawowe informacje na temat wpływu eksploatacji górniczej na wyznaczenie kategorii terenu i opisał wzory empiryczne wyznaczania wskaźników, oraz wyznaczania osiadania powierzchni. Podał także podstawy SAR. Autor przedstawił rejon badawczy GZW. Część pracy poświęconą ‘realizacji pracy’ przez kandydata można podzielić na cztery części. Pierwszą częścią było opracowanie przetwarzania obrazów SAR metodą SBAS. Zastosowanie metody SBAS nie dało poprawnych wartości deformacji powierzchni. Drugą częścią było opracowanie metodyki i zastosowanie metody PSInSAR. Trzecią częścią było opracowanie wyznaczenia dużych obniżeń z zastosowaniem metodologii InSaR-SBAS. W części tej została opisana przeprowadzona analiza prędkości osiadania. Otrzymane wyniki nie wykazały zgodności z wynikami pomiarów geodezyjnych. W związku z tym autor opracował nową metodę, która polegała na wprowadzeniu zależności liniowych pomiędzy zachodzącą prędkością a prędkością wyznaczoną za pomocą InSAR. Zależność ta została wyznaczona na jednym przykładzie. Dokładność wyznaczonych przemieszczeń metodą SBAS z zastosowaniem poprawki stosując opracowaną liniową zależność wyniosła kilkanaście centymetrów. Czwartą częścią ‘realizacji pracy’ było wyznaczenie zasięgu deformacji górniczych. Część badawcza wymagała od mgr inż. Bartosza Apanowicza zebrania dużej ilości informacji na temat działalności górniczej w KWZ a szczególnie na temat działalności w ośmiu wybranych regionach górniczych. Zebrane informacje zawierały także dane związane z wyznaczonymi geodezyjnie deformacjami w analizowanych kopalniach. Kandydat wykazał dużą inicjatywę w wykorzystaniu tych materiałów w podjęciu oceny deformacji powierzchni w czasie trwania prac górniczych i po ich ukończeniu przy użyciu metody pomiaru InSAR.

4. Uwagi krytyczne

W rozprawie doktorskiej mgr inż. Bartosza Apanowicza zauważono kilka słabych punktów, które są poniżej omówione. Punkty zawierające uwagi podzielone są na trzy grupy. Pierwsza grupa wymaga zaadresowania przez autora. Druga grupa uwag ma na celu dostarczenie informacji, które powinny być uwzględnione przez autora w dalszej jego pracy naukowej. Trzecia grupa zawiera mniej istotne uwagi.

Uwagi wymagające zaadresowania przez autora

- W pracy nie ma sprecyzowanego opisu dokładności wyznaczania przemieszczeń stosując InSAR i źródeł błędów pomiaru. Przeprowadzony na podstawie literatury

podział zastosowania pomiarów InSAR powinien być przeprowadzony z uwzględnieniem uzyskanych dokładności pomiarów.

- Przedstawiony w pracy podział na metody prognozowania deformacji jest nieściśły. Autor podał błędnie, że obecnie w Polsce nie są używane metody numeryczne do prognozowania deformacji na terenach górniczych.
- Autor w swojej pracy podał, że na terenach górniczych nie ma punktów stałych. Autor powinien podać jak ten problem jest rozwiązywany w procesowaniu wyników pomiarów geodezyjnych.
- Proces wyznaczenia poprawek stosując opracowaną liniową zależność jest podany dla przykładów kopalni KWZ. W pracy powinno być podane czy jest możliwość zastosowania tego modelu w innych zastosowaniach i jakie powinny być spełnione warunki.

Uwagi mające na celu dostarczenie informacji, które powinny być uwzględnione przez autora

- W pracy mgr inż. Bartosza Apanowicza brakuje odpowiedniego wprowadzenia, w którym powinno znajdować się zdefiniowanie na podstawie przeglądu literatury, problemu do rozwiązania i w związku z tym brakuje podania uzasadnienia tezy rozprawy. Brakuje także opisu metodologii przeprowadzenia badań i udowodnienia tezy.
- Praca powinna być zakończona rozdziałem Podsumowanie wyników.
- Podany na str. 28 opis zasięgu wpływów eksploatacji jest nieprawidłowy. Wzór (3.1) jest nieściśły.
- Autor nie podał jak była sprawdzona stałość dwóch punktów niwelacji (punkty zdefiniowane jako stałe) użytych w procesie weryfikacji wyników otrzymanych metodą PSInSAR.
- W pracy analiza błędów metody InSAR-SBAS nie została przeprowadzona rygorystycznie. Brakuje dyskusji na temat błędów otrzymanych wyników, na które wpłynęły warunki zobrazonej powierzchni. .

Mniej istotne dodatkowe uwagi krytyczne są poniżej wyszczególnione.

- Autor wprowadził do tekstu zdania w formacie ‘bold’. Jest to niepoprawne redagowanie tekstu. Jeżeli w tekście były umieszczone szczególne ważne dla autora informacje, powinny one być podane na końcu odpowiedniego rozdziału w podrozdziale zatytułowanym Podsumowanie.
- Opis i wzór (3.6) na str. 32 jest powtórzeniem wzoru (2.8.)
- Rozdział Drugi powinien być podzielony na dwa rozdziały.
- Rysunek 4.21 jest niepotrzebny w pracy.

5. Wniosek końcowy


Przedstawiona rozprawa doktorska mgr inż. Bartosza Apanowicza ma charakter złożony, stanowi oryginalne rozwiązanie problemu naukowego i wnosi znaczący wkład w dalszy rozwój dotyczącego metod oceny deformacji powierzchni na aktywnych terenach górniczych i na terenach pogórniczych. Praca zawiera ujemny punkt wynikający z braku jasnego

sformułowania problemu do rozwiązania, planowanej metodyki rozwiązania i dokonania podsumowania wyników przeprowadzonych badań.

Podane powyżej uwagi krytyczne nie umniejszają wkładu autora w naukowe opracowanie przedstawionej pracy doktorskiej. Rozwiązanie problemów naukowych świadczy o umiejętności mgr inż. Bartosza Apanowicza samodzielnego prowadzenia pracy naukowej w tej dziedzinie. Przedstawiony koncept zastosowania technologii InSAR do wyznaczania przemieszczeń powierzchni na terenach górniczych i pogórniczych jest bardzo aktualny.

Biorąc pod uwagę wartość merytoryczną pracy, jej oryginalność oraz przedstawienie teoretyczne i praktyczne rozwiązania problemu stwierdzam, że przedstawiona przez mgr inż. Bartosza Apanowicza rozprawa odpowiada wymogom stawianym pracy doktorskiej.

Zgodnie z wymogami formalnymi stwierdzam, że rozprawa spełnia warunki stawiane rozprawom doktorskim określone w art. 187 ustawy z dnia 20 lipca 2018 r. o Prawo o szkolnictwie wyższym i nauce (Dz. U. z 2023 r., poz. 742). Na tej podstawie wnoszę o dopuszczenie Kandydata do dalszych etapów procedury doktoryzowania przez Radę Naukową Dyscypliny Inżynieria Środowiska, Górnictwo i Energetyka Głównego Instytutu Górnictwa.



Prof. dr hab. inż. Anna Chrzanowska