

Wrocław, 2 marca 2022 r.

mgr. inż. Karolina Owczarz

Promotor: dr hab. inż. Jan Blachowski, prof. Uczelni

Streszczenie rozprawy doktorskiej

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

Szybki rozwój przemysłu i nowych technologii wiąże się z rosnącym zapotrzebowaniem na surowce. To z kolei wymusza prowadzenie eksploatacji w trudnych warunkach górniczo-geologicznych. Eksploatacja narusza naturalny stan równowagi górotworu i powoduje indukowane zdarzenia sejsmiczne. Aktualnie sejsmiczność indukowana to problem globalny i wzbudza zainteresowanie środowiska naukowego oraz przemysłu, zwłaszcza w zakresie zapobiegania wstrząsom oraz minimalizacji negatywnych skutków zdarzeń sejsmicznych. Jednym z negatywnych skutków wstrząsów górniczych są przemieszczenia (deformacje) powierzchni terenu. W związku z tym stanowią one istotne zagadnienie badawcze i praktyczne w zakresie analizy ich charakterystyki oraz procesu rozwoju przestrzenno-czasowego.

Głównym celem niniejszej pracy było opracowanie modelu opisującego związek między przemieszczeniami powierzchni terenu wywołanymi wstrząsami indukowanymi na terenie podziemnej eksploatacji, a czynnikami górniczo-geologicznymi z wykorzystaniem metody uczenia maszynowego – regresji lasu losowego (ang. *Random Forest Regressor*, RFR). Jako obszar badawczy wybrano teren górniczy Rudna, który stanowi „żywe laboratorium” wstrząsów górniczych, ponieważ rocznie dochodzi tutaj do kilkunastu zdarzeń sejsmicznych o energii powyżej 10^6 J. Metodyka badań obejmowała kilka etapów, które umożliwiły realizację postawionego celu.

Prace rozpoczęto od studium literatury, które umożliwiło określenie kierunku prowadzenia badań naukowych. Etap drugi dotyczył analizy danych wejściowych obejmujących m.in.: podstawowe informacje o wstrząsach górniczych; przegląd map wyrobisk górniczych, profili geologicznych, map deformacji. W etapie trzecim przystąpiono do detekcji przemieszczeń LOS (ang. *Line of Sight displacement*) z wykorzystaniem metody DInSAR (ang. *Differential Synthetic Aperture Radar Interferometry*) oraz z zastosowaniem metody SBAS w etapie czwartym (ang. *Small Baseline Subset*). Ponadto, wykonano analizę zidentyfikowanych przemieszczeń LOS z zastosowaniem statystyki przestrzennej w GIS (ang. *Geographic Information System*) i statystyki opisowej. W etapie piątym porównano wyniki niwelacji wykonane po wstrząsie górniczym z wynikami metody SBAS. W etapie szóstym na podstawie danych o przemieszczeniach LOS oraz warunkach górniczo-geologicznych opracowano bazę danych, która posłużyła jako zestaw danych w ostatnim etapie. Etap siódmy dotyczył modelowania przemieszczeń LOS oraz określenia statystycznie istotnych predyktorów z zastosowaniem uczenia maszynowego. Etap ostatni obejmował podsumowanie całości prac wraz z wnioskami.

W wyniku przeprowadzonych badań potwierdzono, że wykorzystanie danych o przemieszczeniach LOS oraz warunkach górniczo-geologicznych do nadzorowanego

uczenia maszynowego pozwala na modelowanie deformacji terenu wywołanych wysokoenergetycznymi wstrząsami górnictwami w obszarze podziemnej eksploatacji. Badania pozwoliły na poszerzenie stanu wiedzy na temat deformacji terenu wywołanych wstrząsami górnictwami. Wykazano, iż do statystycznie istotnych predyktorów zaliczają się m.in.: okres eksploatacji, powierzchnia pola, powierzchnia zrobów, energia, średnia głębokość eksploatacji, średnia wartość zrzutu uskoku, odległość poziomu eksploatacji od hipocentrum. Natomiast optymalny model charakteryzował się współczynnikiem determinacji (R^2) na poziomie 93%. Ponadto, badania potwierdziły, że powierzchnia w rejonie epicentrum: przed wstrząsem podlega powolnemu obniżaniu się w związku z prowadzoną eksploatacją; wstrząs powoduje nagły przyrost deformacji; po wstrząsie w dalszym ciągu dochodzi do powolnego obniżania się. Stwierdzono także, iż wstrząsy indukowane przyspieszają ujawnienie się deformacji, które i tak pojawiłyby się na skutek przemieszczania się górotworu w głąb pustki poeksploatacyjnej. Dodatkowo, opracowana baza danych o deformacjach może być stosowana w profilaktyce ochrony terenów górnictwami.

Niniejsza rozprawa doktorska składa się z 189 kolejno ponumerowanych stron. W pracy odwołano się do 295 pozycji literaturowych, w tym 37 pozycji polskojęzycznych i 258 pozycji anglojęzycznych oraz do 4 pozycji, których autorką lub współautorką jest doktorantka. Rozprawa doktorska zawiera: 105 rysunków (w tym 21 w załączniku) i 23 tabel (w tym 10 w załączniku).

Karolina Owczarek