

Dr hab. inż. Ryszard Mielimąka

Gliwice, 30 sierpień 2013 r.

Profesor Politechniki Śląskiej

zam. 44-200 Rybnik

ul. Kochanowskiego 7

**RECENZJA ROZPRAWY DOKTORSKIEJ MGR INŻ. IWONY GOŁDY pt.:
"Ilościowa ocena sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem i analiza jej niepewności"**

1. Informacje wstępne

Rozprawa doktorska mgr inż. Iwony Gołdy przedłożona została do recenzji na podstawie Uchwały Rady Wydziału Górnictwa i Geologii z dnia 16.07.2013r.

Praca składa się z 155 stron tekstu, zawiera 9 rozdziałów głównych (w których umieszczono 27 rysunków i 20 tablic) oraz dodatek charakteryzujący dane użyte w pracy – Appendix. Tekst rozprawy poprzedzony jest zestawieniem dotyczącym ważniejszych skrótów, akronimów i symboli oraz częścią zawierającą definicje i terminologię stosowaną w pracy. Zastosowane oznaczenia są prawidłowe, a zaprezentowane w początkowej części dysertacji definicje i interpretacje badanych wielkości ułatwiają Czytelnikowi orientację w pracy. W rozprawie doktorskiej zawarto 7 Zestawień, których zadaniem jest wyróżnienie najistotniejszych zagadnień. Opisaną metodykę (w poszczególnych etapach) uzupełniono prostymi przykładami obliczeniowymi (Przykłady obliczeniowe 1-5) oraz algorytmami obliczeniowymi (Algorytmy nr 1 i 2). Spis literatury obejmuje 167 pozycji (polskich i zagranicznych), w tym 8 autorstwa lub współautorstwa Doktorantki.

2. Ocena doboru tematyki badawczej i przyjętej tezy pracy

W pracy podjęta została tematyka dotycząca zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem. Jest to tematyka niezmiernie ważna z punktu widzenia praktyki górniczej, gdyż prawidłowa ocena tych zagrożeń pozwala zwiększyć bezpieczeństwo prowadzenia robót górniczych.

Obecnie zagrożenie sejsmiczne i sejsmiczne zagrożenie tąpnięciem oceniane jest na bazie metod tworzących Metodę Kompleksową MK. Zgodnie z tą metodą na ocenę stanu zagrożenia tąpnięciami składa się ocena potencjalnego stanu zagrożenia (metoda rozeznania górniczego) oraz ocena rzeczywistego stanu zagrożenia, będąca sumaryczną interpretacją ocen na podstawie pozostałych trzech metod: sejsmoakustycznej, seismologicznej i wierceń

małościowych. Końcową ocenę stanu zagrożenia tąpnięciami uzyskuje się na podstawie ocen cząstkowych z metod szczegółowych. Uzyskane z metody MK wskazania pozwalają dobrać i zastosować odpowiednią dla danego stanu zagrożenia profilaktykę tąpniową.

Autorka w swojej pracy zaproponowała rozwinięcie metody MK o elementy probabilistycznej interpretacji zagrożeń, które pozwalają na ilościową ocenę prawdopodobieństwa zagrożenia sejsmicznego i prawdopodobieństwa zagrożenia tąpnięciem wraz z oceną niepewności standardowej. Określiła także estymatory minimalnej liczebności bazy, zapewniającej że niepewność standardowa oceny zagrożenia sejsmicznego nie przekroczy wartości krytycznej tolerowalnej ustalonej przez Użytkownika metody.

Wykorzystanie teorii prawdopodobieństwa do oceny (sejsmicznego) zagrożenia tąpnięciem, a także analiza jej niepewności jest nowością w zagadnieniu zagrożenia tąpnięciami i prezentuje nowoczesne podejście do tej problematyki. Jest też niezwykle ważne z punktu widzenia zwiększenia bezpieczeństwa pracy w kopalniach. Dlatego też, dobór tematyki recenzowanej pracy doktorskiej oceniam bardzo wysoko.

3. Omówienie zakresu i głównych rezultatów opiniowanej pracy

Rozprawa składa się z 9 rozdziałów, które stanowią wprowadzenie do zagadnienia (rozdziały 1-3) oraz ilustrują tok wykonywanej pracy badawczej (rozdziały 4-9). Do dysertacji dołączony został także dodatek charakteryzujący rzeczywiste dane użyte w pracy (pochodzą one z wybranych kopalń Górnośląskiego Zagłębia Węglowego).

Rozdział 1 obejmuje m.in. przegląd literaturowy, opis dotychczasowego stanu wiedzy oraz praktyki w zakresie tematycznym, którego dotyczy rozprawa doktorska. Część ta traktuje więc m.in. o powszechnie stosowanej do Oceny Stanu Zagrożenia Tąpnięciami w górnictwie węgla kamiennego – Metodzie Kompleksowej. Opracowywana w dysertacji metoda może być traktowana jako ilościowy odpowiednik Metody Kompleksowej (w zakresie dotyczącym metody sejsmologicznej i związanej z nią informacji geofizycznej w postaci wstrząsów górniczych) stąd też poświęcono jej dużą część tego rozdziału.

W **rozdziale 2** przedstawiono ilościowe definicje (i ich interpretację) zagrożenia tąpnięciem Z^T , zagrożenia sejsmicznego Z^S , sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem Z^{ST} oraz zagrożenia tąpnięciem wynikającego tylko z czynników ujętych w metodzie rozeznania górniczego Z^{MRG} .

Aby zilustrować miejsce ocen zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem w pełnej ocenie zagrożenia tąpnięciem sformułowano krótki **rozdział 3**, który dotyczy podstawowej dekompozycji estymatora Z^T .

Rozdział 4 zawiera tezę i cel pracy, z których bezpośrednio wynika, że celem pracy jest opracowanie metody ilościowej oceny zagrożenia sejsmicznego Z^S i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem Z^{ST} wraz z analizą ich niepewności, wykorzystującej zależność Gutenberga-Richtera oraz archiwalne bazy wstrząsów i tąpnięć. Na podstawie powyższego możliwe jest także wyprowadzenie estymatora minimalnej liczebności bazy niezbędnej by niepewność (standardową) oceny zagrożenia sejsmicznego ograniczyć do wartości tolerowalnej ustalonej przez Użytkownika metody.

Kolejne rozdziały przedstawiają logiczny tok kolejno wykonywanych po sobie badań i analiz, które dążą do udowodnienia przyjętej w pracy tezy oraz osiągnięcia celu pracy.

Dość obszerny rozdział 5 zajmuje się przygotowaniem danych wejściowych do metody (tj. baz wstrząsów) oraz konstrukcją rozkładu liczby przewyższeń w zależności od ich energii. W rozdziale tym poruszono także zagadnienie dotyczące możliwości łączenia zbiorów o zbyt małej liczebności m.in. w celu uzyskania jednej oceny/prognozy dla większych obszarów, jednakże w sposób jednoznaczny nie udało się rozwiązać tego problemu. W rozdziale tym wykonano także analizę wpływu stopnia zaokrąglenia archiwizowanych energii wstrząsów na parametr B w relacji Gutenberga-Richtera, który okazał się bardzo istotny. Przeanalizowano także dopasowanie modelu Gutenberga-Richtera do danych empirycznych, w zależności od minimalnej poprawnie obserwowanej wartości energii wstrząsów E_{-} w zbiorze danych (archiwum). Wykazano, że najmniejsza wartość energii zarejestrowana w archiwum nie powinna być utożsamiana z E_{-} , gdyż pogarsza to dopasowanie modelu prognostycznego do danych.

Rozdział 6, który obok rozdziału 7 stanowi zasadniczą część pracy, dotyczy ocen/prognoz punktowych i probabilistycznych zagrożenia sejsmicznego (tj. prawdopodobieństwa wystąpienia wstrząsu o energii $E \geq E_I$), tzw. czasu powrotu oraz energii „maksymalnej”, a także niepewności oceny Z^S w zależności od konfiguracji przyjętych źródeł niepewności (parametru B z relacji Gutenberga-Richtera i/lub parametru λ czyli intensywności emisji sejsmicznej). Na prostych przykładach obliczeniowych zaprezentowano sposób estymacji ocen punktowych i probabilistycznych, a także ich interpretację oraz wady i zalety. W końcowej części rozdziału 6 wyprowadzono także (korzystając z estymatora zagrożenia sejsmicznego, ocen punktowych i probabilistycznych Z^S oraz kryterium jakości) estymatory minimalnej liczebności bazy $\min N$, zapewniającej że niepewność standardowa

(zlinearyzowana i niezlinearyzowana) oceny Z^S nie przekroczy wartości krytycznej tolerowalnej ustalonej przez Użytkownika metody. Metodę uzupełniono także przykładami obliczeniowymi opartymi na rzeczywistych danych, które scharakteryzowano w Appendixie. Przykłady pokazują, że uzyskiwane wyniki są realistyczne, zatem sama metoda może służyć jako dodatkowe źródło wnioskowania i informacji na temat zagrożenia sejsmicznego. Rozdział ten zakończono wnioskami oraz Algorytmem obliczeniowym nr 1 prezentującym kolejność wykonywania poszczególnych kroków obliczeniowych.

Rozdział 7, składający się z dwóch podrozdziałów dotyczy sejsmicznego zagrożenia łąpanięciem Z^{ST} . Jego pierwsza część traktuje o tzw. charakterystyce „łapaniowo-energetycznej” za pomocą której estymowane jest tzw. warunkowe prawdopodobieństwo łapanięcia wskutek wstrząsu o energii $E \geq E_1$. Wykorzystywana jest do tego celu funkcja logistyczna, której kalibracja wykonywana jest dla określonego okresu czasu na podstawie bazy danych dotyczącej wstrząsów i łapanięć. W pracy zaproponowano i zarekomendowano parametry charakterystyki łapaniowo-energetycznej (wraz z wartością niepewności z niej wynikającej) wykorzystywane dla ogólnego opisu stanu górotworu w I dekadzie XXI wieku oraz dla celów prognozy po 2011r.

W drugiej części rozdziału 7 sformułowano estymator sejsmicznego zagrożenia łąpanięciem Z^{ST} , wykorzystujący oceny zagrożenia sejsmicznego i prawdopodobieństwo warunkowe (charakterystykę „łapaniowo-energetyczną”). Następnie, na podstawie wcześniej zdefiniowanych ocen punktowych i probabilistycznych, zaproponowano metodę estymacji niepewności oceny Z^{ST} . Zaproponowaną metodę uzupełniono przykładami obliczeniowymi w których uzyskano oceny/prognozy Z^{ST} wraz z ich niepewnością (standardową niezlinearyzowaną) w zależności od przyjętych konfiguracji źródeł niepewności (B , λ , charakterystyka łapaniowo-energetyczna).

Rozdział 8 stanowi uzupełnienie poprzednich rozdziałów i dotyczy kryterium jakości oceny/prognozy probabilistycznej. Podkreślono w nim sposób interpretacji uzyskiwanych wyników oraz sposób badania jakości wyników obliczeń.

W **rozdziale 9** podsumowano wykonane w pracy badania, a główny ich cel – w postaci sposobu estymacji (oceny/prognozy) sejsmicznego zagrożenia łąpanięciem Z^{ST} wraz z analizą niepewności uzyskiwanych ocen – ujęto w Algorytmie nr 2. Pracę zakończono krytyczną analizą oraz podstawowymi wnioskami płynącymi z pracy.

4. Ocena omawianej pracy doktorskiej

Treść opiniowanej pracy doktorskiej dotyczy dyscypliny naukowej górnictwo i geologia inżynierska.

Autorka podjęła się w niej rozwiązania bardzo trudnego zagadnienia dotyczącego ilościowej, probabilistycznej oceny zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem wraz z ilościową analizą niepewności tej oceny i liczebności archiwum ograniczającego standardową niepewność do tolerowanej. Oceny te, zgodnie z tezą pracy, oparła na wykorzystaniu zależności Gutenberga-Richtera, której parametry wyznaczone są na podstawie katalogu wstrząsów i tąpnięć, a także na założeniu o poissonowskim charakterze emisji. Przy opracowywaniu procedur pozwalających na takie oceny poczyniła szereg założeń upraszczających, a mianowicie:

- odcinkowej stacjonarności punktowego procesu wstrząsów,
- jednej, być może odcinkami zmiennej w czasie, lecz stałej w przestrzeni wartości sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem.

Szczególne implikacje dla praktycznego zastosowania metody probabilistycznej oceny sejsmicznego zagrożenia tąpnięciami niesie drugie z tych założeń upraszczających, gdyż powoduje ono, że zagrożenie tąpnięciem nie jest zależne od odległości od źródła wstrząsu.

Najważniejszymi punktami pracy, bezpośrednio odnoszącymi się do tezy i celu pracy, są rozdziały 6 i 7. W rozdziałach tych Autorka podała opracowany przez siebie aparat matematyczny umożliwiający probabilistyczną, ilościową ocenę zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem wraz z oceną niepewności. Oceny te oparła na założeniu, że każda estymata zagrożenia (sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem) jest zmienną losową o swym rozkładzie prawdopodobieństwa. Pozwoliło jej to na określenie ocen punktowych (będących wartością średnią zmiennej losowej tj. gdy $PU=0,5$) i probabilistycznych (będących kwantylem rzędu $PU>0,5$). Wartość bezwzględna z różnicy/odległości pomiędzy oceną probabilistyczną a oceną punktową potraktowana została jako bezwzględna nielinearyzowana niepewność uzyskiwanych ocen.

Wykorzystanie teorii prawdopodobieństwa do oceny (sejsmicznego) zagrożenia tąpnięciem, a także analiza jej niepewności jest innowacyjne i prezentuje nowoczesne podejście do tej problematyki.

W tym kontekście za niewątpliwe osiągnięcia Doktorantki należy uznać:

- potraktowanie estymatorów Z^S i Z^{ST} jako zmiennych losowych o określonym rozproszeniu zależnym od niepewności intensywności procesu emisji sejsmicznej λ oraz parametru rozkładu Gutenberga-Richtera B ,
- opracowanie odpowiednich procedur matematycznych umożliwiających uzyskanie ilościowej oceny zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem co możliwe było dzięki zastosowaniu probabilistycznej interpretacji zagrożeń i zasad rachunku prawdopodobieństwa.
- opracowanie estymatorów minimalnej liczebności bazy wstrząsów pozwalającej na uzyskanie niepewności prognozy zagrożenia sejsmicznego nieprzekraczającej wartości krytycznej ustalonej przez użytkownika,
- opracowanie algorytmów obliczeniowych dla wyznaczenia wartości minimalnej ilości bazy wstrząsów oraz dla ilościowej oceny punktowej i probabilistycznej sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem wraz z aproksymacją niepewności,
- wyznaczenie parametrów charakterystyki tąpniowo-energetycznej dla ogólnego opisu stanu górotworu GZW w I dekadzie XXI wieku oraz dla celów prognozy Z^{ST} po 2011r.

Wymienione osiągnięcia opiniowanej pracy świadczą o tym, że autorka w pełni zrealizowała założoną tezę pracy.

Realizacja pracy wymagała od autorki znacznej wiedzy w zakresie statystyki i probabilistyki, a także budowy algorytmów obliczeniowych.

Na podkreślenie zasługuje także precyzja i zwięzłość języka jakim Doktorantka posługuje się w swojej dysertacji.

Oceniając recenzowaną pracę doktorską należy stwierdzić, że Autorka nie ustrzegła się pewnych niedociągnięć, do których należy zaliczyć:

- pominięcie zagadnienia wpływu odległości wyrobiska od źródła wstrząsu na zagrożenie tąpnięciem,
- rozważanie tylko energii wstrząsu na zagrożenie tąpnięciem z pominięciem innych czynników, które mają na to wpływ (np. amplitudy prędkości drgań),
- przyjęcie w modelu prognostycznym liczby przewyższeń energii tylko najprostszego rozkładu Gutenberga-Richtera, chociaż znanych jest wiele jego modyfikacji oraz innych rozkładów, które mogą być wykorzystane do oceny rozkładu liczby wstrząsów w zależności od ich energii,
- nieokreślenie zasad praktycznego zastosowania opracowanej przez siebie metody.

Trzeba jednak podkreślić, że wyniki badań przedstawione w pracy są nowatorskie i znacznie rozwijają wiedzę z zakresu probabilistycznego podejścia do zagadnienia zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem. Opracowana metoda oceny tych zagrożeń może stanowić uzupełnienie obecnie stosowanych w praktyce metod.

4. Wniosek końcowy

Wymienione wyżej nieliczne uwagi krytyczne nie przesądzają o wartości pracy. Autorka dobrze wykorzystwała aktualny stan wiedzy na temat opracowanego tematu. Wykazała się umiejętnością samodzielnego rozwiązywania problemów naukowych i technicznych. Przedstawiła bardzo nowatorskie podejście do zagadnienia oceny zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem. Potraktowanie estymatorów Z^S i Z^{ST} jako zmiennych losowych o określonym rozproszeniu pozwoliło jej na opracowanie odpowiednich procedur matematycznych umożliwiających uzyskanie probabilistycznej, ilościowej oceny zagrożenia sejsmicznego i sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem oraz oceny liczebności minimalnego archiwum bazy wstrząsów. Dla tych procedur opracowała algorytmy obliczeniowe. Opiniowana praca doktorska zawiera oryginalne rozwiązanie problemu naukowego. Cechuje ją wysoki poziom naukowy i innowacyjność.

Biorąc powyższe pod uwagę, stwierdzam, że rozprawa doktorska mgr inż. Iwony Gołdy pt. „Ilościowa ocena sejsmicznego zagrożenia tąpnięciem i analiza jej niepewności” czyni zadość wymogom ustawowym, szczególnie warunkom określonym w Ustawie z dnia 14.03.2003r. o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki. W związku z tym stawiam wniosek Radzie Wydziału Górnicztwa i Geologii Politechniki Śląskiej o dopuszczenie jej do publicznej obrony.



A handwritten signature in blue ink, which appears to be "Ryszard Jędrzejko".