Prof. dr hab. inż Henryk Marcak
Akademia Górniczo- Hutnicza
Kraków

Kraków 15.04.2014

Opinia o pracy doktorskiej mgr inż. Aleksandry Pierzyny p.t. ”Ocena stanu zagrożenia wstrząsami górniczymi z wykorzystaniem relacji Gutenberga-Richtera”

Treść pracy

Zasadniczym celem ocenianej pracy jest wykazanie, że współczynnik b w rozkładzie Gutrenberga-Richtera wyznaczony na podstawie rejestracji sejsmicznej powstałych w czasie eksploatacji pojedynczej ściany może być wykorzystany do oceny stanu zagrożenia sejsmicznego w rejonie tej ściany. W pracy zawarto charakterystykę metod geofizycznych wykorzystywanych w polskim górnictwie do oceny ryzyka wystąpienia wstrząsów i tąpań. Istotne dla celu pracy są jednak rozdziały, w których autorka przedstawia historię niektórych wyrobisk na kopalni ”Bobrek-Centrum” i śledzi na nich zmiany współczynnika b w rozkładzie Gutrenberga-Richtera estymowanych w przesuwających się oknach czasowych. Są to ściana 3 w pokładzie 503, ściana 91a i 92a w pokładzie 509 oraz ściana 6 w pokładzie 510 warstwa dolna. Współczynnik b był estymowany w oparciu o kryterium największej wiarygodności. Długość okien czasowych, w których estymowano współczynnik b była przez autorkę wybrana arbitralnie (20 lub 10 dni). Okno przesuwane, co dobę pozwalało na estymację zmieniającego się w czasie parametru b i powiązania tej zmienności z zagrożeniem sejsmicznym.

Zalety pracy

Liczne prace badawcze wskazują na to, że istnieje szereg możliwości lepszego wykorzystania wyników pomiarów geofizyki kopalnianej do oceny zagrożenia wstrząsami i tąpaniami. Niestety nie są one wdrażane do praktyki górniczej, ponieważ wymagałyby zmian formalnych lub merytorycznych, których nie można wprowadzić. Opiniowana praca napisana przez osobę o dogłębnej znajomości praktyki górniczej została przygotowała tak, że jej wdrożenie do praktyki w wielu kopalniach nie powinno stwarzać dużych trudności. Mimo zastrzeżeń, co do

sposobu prowadzonej przez nią estymacji parametru b w rozkładzie Gutrenberga-Richtera wyniki przedstawione w pracy pozwalają stwierdzić, że rejestracja zmian tego współczynnika stanowi istotną informację o zagrożeniu sejsmicznym w rejonie ściany i dlatego wartość tego współczynnika powinna być wprowadzona do oceny zagrożenia sejsmicznego w kopalniach. Zwłaszcza wyniki autorki, przedstawione na rysunkach 9.1 do 9.12 są dowodem na dużą korelację pomiędzy tym współczynnikiem a zmianami naprężeń wywołanych istnieniem w stropie eksploatowanego pokładu krawędzi, uskoków lub resztek

Wady pracy

Rozkład Gutenberga -Richtera jest ciągle analizowany, mimo że do literatury naukowej był wprowadzony w latach 40-tych ubiegłego wieku. Jest on wynikiem fraktalnego rozkładu wielkości powierzchni rozrywu (a właściwie związanych z tą powierzchnią energii zjawisk sejsmicznych) dla dużych populacji wstrząsów. Rozkłady fraktalne obowiązują dla wszystkich rozmiarów elementów populacji utworzonej z energii zarejestrowanych wstrząsów. Dotyczy to zarówno wstrząsów sejsmicznych wywołanych ruchami tektonicznymi jak również wstrząsów górniczych wreszcie sygnałów sejsmoakustycznych rejestrowanych w laboratorium.

Trzeba jednak zwrócić uwagę na ewidentne ograniczenia jakim podlega rozumowanie oparte na strukturze tego rozkładu. Wzrost ilości wstrząsów w populacji powoduje, że zgodnie ze strukturą wzoru należy się spodziewać coraz większych energii zjawisk w populacji. W granicy wzrost ilości wstrząsów do nieskończoności prowadzi do nieskończonej energii, jakiej można się spodziewać w populacji. Taka energia nie istnieje.

Również w przypadku wstrząsów górniczych istnieje górne ograniczenie energii sejsmicznej, która może się pojawić w górotworze. Jeżeli uwzględni się taką górną granicę możliwych energii to zmienia się algorytm dla estymacji parametru b. i można uniknąć sytuacji pokazanej na rys 5.3 w omawianej pracy, w której prowadzi się estymację z iluzorycznej populacji zawierającej zjawiska o energii większej od 10^9J. Wprowadzenie górnej granicy energii do algorytmu estymacyjnego, w moim przekonaniu istotnie zmieniłby wartości estymowanego współczynnika b i spowodowałby, że wstrząsy o energii większej od 10^4J wpływałyby istotnie na wielkość tego parametru.

Jest intuicyjnie oczywiste, że pojawienie się w populacji zjawiska o energii 10^2J i 10^6J ma istotnie różne znaczenie. Jeżeli jednak w estymacji używa się metodę największej wiarygodności to znaczenie tych zjawisk w estymacji jest takie samo. Estymator największej

wiarygodności zakłada, że spośród wszystkich rozkładów normalnych, które posiada tą samą średnią, co dana próba, ale różne odchylenia, estymator największej wiarygodności podaje takie wartości odchylenia, dla których najbardziej prawdopodobny byłoby wylosowanie właśnie takich wyników, jakie wystąpiły w próbie. To założenie nie jest adekwatne dla prowadzenia estymacji przy rozkładach statystycznych wstrząsów górniczych. Mamy bowiem w tym przypadku do czynienia z rozkładem Pareto i powinniśmy estymować przedziały, w których znajdą się wartości parametru b przy zadanym poziomie ufności dla takiego rozkładu. Jeżeli nawet korzystano z innego algorytmu to analiza różnic pomiędzy wartościami współczynnika wyznaczonego w oparciu o prawidłowy algorytm i algorytm przybliżony wydaje się konieczna. Inaczej jak to pokazano na rys 5.3 wszystkie zjawiska o energii większej od 10^4J nie biorą udziału w estymacji

Największym problemem, przed jakim staje się w momencie, gdy chce się wykorzystać zmiany współczynnika b do oceny zagrożenia sejsmicznego jest znalezienia długości okna definiującego liczebność stacjonarnej populacji wstrząsów, z której prowadzi się jego estymację. Wspomniany wyżej estymowany przedział prawdopodobnej wartości współczynnika b rośnie w wyniku skrócenia okna obserwacyjnego, co właściwie uniemożliwia jego wykorzystanie do oceny zagrożenia, natomiast wydłużenie okna eliminuje zmiany w strukturze danych, które są związane ze zmianą zagrożenia. Badanie tego kompromisu w pracy jest pominięte. Wybrano długość okna estymacyjnego w sposób arbitralny. Można się z autorką zgodzić, że długość wybranego okna jest sensowna, ale w pracy doktorskiej można było się spodziewać analizy tego newralgicznego parametru a nie ustalenie jego długości ”a priori”

Możemy potraktować ocenianą pracę jako empiryczne badanie związku pomiędzy wielkością parametru estymowanego zgodnie z algorytmem zaproponowanym w pracy a stanem zagrożenia sejsmicznego. Niewątpliwie zebrany materiał badawczy upoważnia do uznania takiego badania jako spełniającego zasady badania naukowego. Brakuje mi jednak analizy otrzymanych wyników. Autorka wiąże zagrożenie sejsmiczne z ujemną wartością różnicy współczynnika b obliczonego dla całego rejonu górniczego i wartością obliczoną dla konkretnego wyrobiska oraz trendu w rozkładzie tego współczynnika obliczanego w ustalonym oknie estymacyjnym. Zgadzam się z autorką, że otrzymane wyniki badawcze uzasadniają wprowadzoną przez nią kryterium oceny zagrożenia sejsmicznego w oparciu o różnice wartości współczynnika b i trendu zmian tego parametru, ale muszę stwierdzić, że nie znalazłem w pracy obiektywnego dowodu na to, że takie kryterium jest poparte sejsmicznością w rejonie prowadzonych obserwacji. Przykłady przedstawione na rysunkach z

rozdziału 8 powinny być uzupełnione przykładami, w których wartość różnicy parametrów b jest dodatnia (w przykładach czas, w którym wartość różnicy jest dodatnia nie przekracza kilkanaście procent) i tabelą, która pokazywałaby w ilu przypadkach pojawienie się silnego wstrząsu jest związane z odpowiednią klasą różnic współczynników b i trendem jego zmian.
Taka tabela byłaby obiektywną empiryczną podstawą do stworzenia kryteriów, zgodnie z którymi można wykorzystać parametr b do oceny zagrożenia sejsmicznego.
Zauważyłem w pracy kilka kontrowersyjnych definicji i sformułowań, które przekażę autorce a które nie mają istotnego znaczenia dla oceny pracy.

Wniosek końcowy

Uwagi krytyczne nie przekreślają osiągnięć pracy. Autorka przekonała nas o tym, że współczynnik b w rozkładzie Gutenberga–Richtera jest ważnym wskaźnikiem zmiany zagrożenia sejsmicznego i jego estymacja powinna być dołączona do zestawu parametrów wykorzystywanych w kopalni do oceny tego zagrożenia. W ten sposób uzasadniła tezy pracy i przygotowała algorytmy i programy interpretacyjne, które mogą być wdrożone do praktyki górniczej. Te naukowe i praktyczne osiągnięcia powodują, że w mojej opinii zasługuje ona na to, aby zgodnie z wymogami obowiązującej ustawy o stopniach naukowych i tytule naukowym uzyskać stopień doktora.