

Streszczenie rozprawy doktorskiej w formie cyklu publikacji pt.: Modelowanie procesów w górnictwie i geologii z wykorzystaniem procesów stochastycznych

mgr inż. Justyna Hebda-Sobkowicz

Celem niniejszej rozprawy było opracowanie metod/modeli matematycznych opisujących wybrane procesy technologiczne zachodzące w górnictwie. W dobie technologii Internetu Rzeczy (ang. Internet of Things - IoT) technologie sensoryczne umożliwiają pozyskiwanie danych dotyczących szerokiego spektrum zjawisk, w tym danych uwzględnionych w pracy badawczej, takich jak: sygnały drganiowe, dane z pokładowych systemów monitorowania maszyn, dane dotyczące stężenia gazów, czy też sygnały sejsmiczne.

Procesy technologiczne lub zjawiska naturalne, z którymi mamy do czynienia w górnictwie, są specyficzne i wymagają indywidualnego podejścia. W badaniach rozważono 4 obszary: procesy związane z analizą drgań układów napędowych, wentylacją kopalń, zarządzaniem efektywnością pracy samojezdnych maszyn dołowych oraz aktywnością górotworu - wykrywaniem fali podłużnej (P) w sygnałach sejsmicznych. Procesy te można opisać za pomocą modeli procesów losowych i metod statystycznych. Wymagają one zaawansowanego aparatu matematycznego do walidacji sygnałów, przetwarzania, analizy i wnioskowania statystycznego.

Przeprowadzone badania w dziedzinie diagnostyki maszyn pokazały, że popularne narzędzia/metody nie są wystarczające w przypadku przetwarzania sygnałów pochodzących z maszyn górniczych, w szczególności z łożysk tocznych kruszarki rudy miedzi. W związku z tym zaproponowano nową metodę opierającą się na wariancji warunkowej, która okazała się lepsza od wielu powszechnie stosowanych metod w dziedzinie diagnostyki maszyn, zwłaszcza dla sygnałów z niegaussowskim szumem (gdy impulsy niecykliczne niezwiązane z uszkodzeniem, ale z technologią pracy maszyny, dominują nad impulsami cyklicznymi, związanymi z lokalnym uszkodzeniem). Przedstawiono, że podejście oparte na wariancji warunkowej jest proste w implementacji i znacznie bardziej odporne na różne specyfikacje problemu, takie jak stosunek liczby impulsów cyklicznych do niecyklicznych, czy stosunek ich amplitudy.

W pracy testowano wiele metod diagnostycznych. Jedną z najbardziej zaawansowanych jest infogram. Infogram, bazując na analizie entropii w dziedzinie czasu i częstotliwości, pozwala wyselekcjonować informację diagnostyczną (częstotliwość uszkodzenia). Wykazano, że infogram jest nieskuteczny w diagnozowaniu lokalnego uszkodzenia dla analizowanych danych pochodzących z kruszarki rudy miedzi. Zaproponowano proste modyfikacje infogramu, które polepszają jego skuteczność.

W przeprowadzonych badaniach zaproponowano również zastosowanie alternatywnych (dla powszechnie stosowanych) miar zależności do wykrywania lokalnych uszkodzeń, które wykazują większą odporność na występowanie niegaussowskiego szumu. Zbadano ich skuteczność dla różnych sygnałów symulacyjnych (z szumem gaussowskim/niegaussowskim), jak i dla sygnału rzeczywistego, pochodzącego z kruszarki rudy miedzi oraz z przenośnika taśmowego.

W pracy przeprowadzono również analizę stężeń wybranych, niebezpiecznych dla zdrowia, gazów w rozważanej głębokiej kopalni podziemnej tj. siarkowodoru oraz tlenku węgla.

Justyna Hebda-Sobkowicz

Są to jedne z pierwszych tego typu badań (bazujące na danych długoterminowych) w Polsce. Wykazano iż, zmienność stężenie tlenku węgla może być modelowane za pomocą mieszaniny komponentów deterministycznych oraz losowych. Wykazano, że wykryte skoki stężenia tlenku węgla (powyżej dopuszczalnego poziomu 26 ppm-ów) w wybranej kopalni rudy miedzi są w większości związane z robotami strzałowymi oraz określono (z zadaniem prawdopodobieństwem) czas potrzebny do osiągnięcia bezpiecznego poziomu stężenia tlenku węgla po robotach strzałowych.

Poprzez zastosowanie odpowiednich metod matematycznych i przetwarzania danych zaproponowano model zmienności siarkowodoru oraz wykazano zależność pomiędzy wielkością stężenia siarkowodoru, a procesem wentylacji. Pokazano, iż procesy eksploatacyjne/technologiczne znacząco wpływają na zmienność jego stężeń, mimo, iż źródło występowania tego gazu jest wyłącznie źródłem naturalnym (gaz uwalniany jest z górotworu). Badania wykazały że, zwiększona praca wentylatorów, które wspomagają odprowadzanie zużytego powietrza, paradoksalnie powoduje zwiększone uwalnianie siarkowodoru z górotworu (w określonych warunkach), ze względu na powstające podciśnienie.

W pracy przeprowadzono również analizę sygnału sejsmicznego i zaproponowano efektywny algorytm detekcji fali P, będącej tzw. falą zapowiadającą, kluczową w identyfikacji zagrożenia sejsmicznego. W algorytmie zastosowano metodę opartą na czasowo-częstotliwościowej reprezentacji danych i analizie głównych składowych (ang. Principal Component Analysis - PCA). Wyniki zostały porównane z popularną metodą wykorzystującą średnią krótkoterminową i długoterminową (ang. Short-Term Average/Long-Term Average - STA/LTA). Zaproponowana metoda wykazała lepszą skuteczność.

W przeprowadzonych badaniach rozważono również wybrane zagadnienia efektywności pracy samojezdnych maszyn dołowych. Przeprowadzono eksperymenty, które miały na celu potwierdzić możliwość oceny jakości nawierzchni jezdnej w kopalni podziemnej na podstawie wzbudzenia zewnętrznego maszyny. W przeprowadzonych badaniach omówiono również ważny problem dotyczący próby automatycznego pomiaru efektywności produkcji tj. pomiaru liczby cykli roboczych maszyny (np. wozu odstawczego) pod ziemią w ciągu jednej zmiany. Zaproponowano wykorzystanie alternatywnych wskaźników do identyfikacji cykli pracy maszyny, które skutecznie mogą zastąpić aktualnie wykorzystywany wskaźnik (ciśnienie oleju hydraulicznego), który jest narażony na częste awarie tego kanału pomiarowego.

Podczas badań największą uwagę skupiono na diagnostyce maszyn. Nie mniej jednak, inne obszary ujęte w badaniach stanowią istotną część hipotezy badawczej. Każdy z analizowanych obszarów charakteryzuje się inną specyfiką problemu, jednak wspólnym mianownikiem działań było zastosowanie zaawansowanych metod/procesów matematycznych do opisu procesów w górnictwie. Opracowane metody mają na celu poprawić skuteczność prowadzonych prac w kopalni, zwiększyć bezpieczeństwo pracy oraz zoptymalizować wydatki związane z eksploatacją maszyn.

Słowa kluczowe: *lokalne uszkodzenia w maszynach, zagrożenia gazowe w kopalniach podziemnych, siarkowódór, tlenek węgla, detekcja cykli pracy, analiza efektywności pracy maszyn górniczych, zagrożenia sejsmiczne, fala P, szeregi czasowe, procesy stochastyczne, przetwarzanie sygnałów, szum niegaussowski, analiza czasowo-częstotliwościowa, miary zależności.*

Justyna Hebda-Sobkowicz