

Streszczenie rozprawy doktorskiej pt.
Metoda kompleksowej oceny efektywności eksploatacyjnej maszyn
i predykcyjnego utrzymania ruchu na podstawie danych z systemu monitoringu. mgr inż.
Paweł Śliwiński

Na bazie wieloletnich doświadczeń przygotowana została rozprawa zatytułowana "Metoda kompleksowej oceny efektywności eksploatacyjnej maszyn i predykcyjnego utrzymania ruchu na podstawie danych z systemu monitoringu". Tytułowa metoda jest zbiorem procedur związanych z docelową optymalizacją wykorzystania maszyn i zapobieganiem krytycznym awariom wybranych podzespołów. O potrzebie opracowania tego typu narzędzi świadczy fakt, że park maszynowy obejmujący samojezdne maszyny górnicze liczy w KGHM ponad tysiąc sztuk. Główne grupy maszyn (ładowarki przegubowe, wozy odstawcze, wozy wierzące i wozy wierząco-kotwiące) znacząco różnią się od siebie w sensie budowy, przeznaczenia oraz wykonywanych zadań (realizowanych procesów technologicznych).

Temat rozprawy nie odnosi się do konkretnego algorytmu, ale do filozofii fuzji danych z różnych źródeł, agregacji danych, tak aby możliwe było przetwarzanie informacji na różnych poziomach ogólności z opisem dowolnych przedziałów czasu (godzina, zmiana...) oraz dla poszczególnych procesów (wiercenie, odstawa, kotwienie). Mimo że procesy technologiczne są skrajnie różne, zadanie analityczne jest bardzo podobne - chodzi o pomiar efektywności procesu w sensie detekcji cykli roboczych (liczba cykli odstawy, liczba odwierconych otworów - liczba cykli wiercenia, liczba zabudowanych kotew - liczba cykli kotwienia), a także o detekcję anomalii w danych opisujących zmienność ciśnienia, temperatury lub prędkości obrotowej wału silnika.

W ramach realizacji badań związanych z rozprawą dokorską zaplanowano i wykonano szereg eksperymentów numerycznych, laboratoryjnych i badań in situ (eksperymenty dołowe), w których pozyskano unikatowy zbiór danych opisujących wybrane procesy technologiczne w górnictwie podziemnym rud miedzi. Dane te były następnie analizowane różnymi technikami (analiza wizualna, statystyczna, analizy korelacyjne, metody uczenia maszynowego itd.). Algorytmy stosowane do analiz zostały opracowane bezpośrednio przez autora rozprawy lub przy współpracy z ośrodkami naukowymi z KGHM Cuprum oraz Wydziałem Geoinżynierii Górnictwa i Geologii Politechniki Wrocławskiej, na zlecenie KGHM lub na zasadach ogólnej współpracy.

W analizach długoterminowych przetwarzanie danych musi bazować na segmentacji, parametryzacji, agregacji i statystykach. Zaproponowane metody analizy z wykorzystaniem prostych metod statystycznych (analiza percentyli, analiza rozkładów) umożliwiły wykrywanie globalnych zmian o charakterze trendu z pominięciem lokalnych zmian, wynikających z chwilowych zmienności prędkości, obciążeń, wpływu temperatur itd. Analiza kontekstowa danych pozwala zauważyć prawidłowości niewidoczne w surowych danych, co przekłada się na zrozumienie procesu o dużym poziomie złożoności.

Paweł Śliwiński

Efekty naukowe i użyteczne, które uzyskano w rozprawie, są częściowymi rezultatami poszczególnych procesów. Wspólnym mianownikiem wszystkich metod jest kombinacja procedur przetwarzania danych mających na celu poprawę efektywności i niezawodności pracy maszyn górniczych pracujących w podziemnych kopalniach rud miedzi.

Dzięki przeprowadzonym badaniom, KGHM uzyskał wiarygodne dane dotyczące potencjalnych efektów z tytułu zastosowania opcji wyposażenia wozów w lock-up. Największy użytkownik tego typu maszyn, kopalnia ZG Polkowice-Sieroszowice, przyjęła lock-up jako standard kompletacji wyposażenia maszyn.

Zaproponowano koncepcję wykorzystania metody pomiarowej opartej na laserowym pomiarze odległości wybranego punktu układu roboczego kotwiarki od stropu. Zarejestrowane dane dla szeregu eksperymentów potwierdziły możliwość identyfikacji cykli roboczych kotwiarki. Warto odnotować, że ze względu na złożoność procesu i dużą awaryjność układów pomiarowych opartych na pomiarach ciśnień w układach roboczych, kopalnie rezygnowały z tej opcji monitoringu. Zaproponowana koncepcja otwiera nowe możliwości w zakresie monitorowania procesu kotwienia. Automatyzacja procesu detekcji cykli wymaga dalszych badań.

Zaproponowano trzy metody identyfikacji cykli roboczych procesu odstawy realizowanego przez wozy odstawcze. W przeciwieństwie do opracowanych wcześniej metod, proponowane podejście nie bazuje na sygnale ciśnienia oleju w układzie roboczym, ponieważ zmienna ta jest narażona na duże błędy pomiarowe i czujnik wykorzystywany do jej rejestracji często ulegał awariom. Ostatnia metoda, zdefiniowana przy zastosowaniu alternatywnego źródła danych, „Systemu wspierania operatora w zakresie antykolizji”, który został wdrożony w drugiej połowie 2021, jest zdecydowanie **najskuteczniejsza, niezawodna i de facto najtańsza w implementacji** w środowisku hurtowni danych. Wykorzystuje dane dostępne dla wszystkich maszyn (także bez monitoringu SYNAPSA), przypisane do procesu o krytycznym priorytecie utrzymania (funkcja bezpieczeństwa). W związku z tym, koszt krańcowy wykorzystania danych dla innych celów jest relatywnie niski.

Biorąc pod uwagę specyfikę doktoratu wdrożeniowego, która łączy "etatową" pracę w przedsiębiorstwie, prowadzenie badań naukowych i obowiązek wdrożenia wyników badań w praktyce, osiągnięte wyniki autor rozprawy uznaje za sukces. Wdrażanie nowych rozwiązań jest zawsze trudne, ale niniejsza rozprawa dotyczy pionierskich w skali nie tylko KGHM, ale i polskiego górnictwa koncepcji zarządzania parkiem maszynowym i procesami technologicznymi w oparciu o analizę danych procesowych.

Słowa kluczowe: *monitoring samojezdnych maszyn górniczych, ładowarki przegubowe, wozy odstawcze, wozy wierzące, wozy wierząco-kotwiące, diagnostyka stanu technicznego, wiercenie, kotwienie, identyfikacja cykli roboczych dla wozów dostawczych, ocena efektywności, analiza wizualna, analiza statystyczna, analizy korelacyjne, metody uczenia maszynowego, raportowania informacji zarządczej*

Paweł Sliwiński