

## Streszczenie rozprawy doktorskiej

**Autor rozprawy:** mgr inż. Krzysztof Szczyrba

**Promotor:** dr hab. Marek Sikora prof. Pol. Śl.

**Promotor pomocniczy:** dr inż. Łukasz Wróbel

Temat rozprawy doktorskiej: **System wizualizacji i diagnostyki pracy urządzeń bazujący na bezprzewodowej sieci czujników wibroakustycznych i metodach eksploracji danych.**

W pracy przedstawiono kompletny system diagnostyki maszyn obejmujący warstwę sprzętową i programową. W jej ramach przeprowadzono pełny proces projektowania systemu, od zebrania i analizy wymagań, przez projekt, budowę i badania architektury systemu, po opracowanie i zaimplementowanie metod diagnostycznych uruchamianych na bazie tego systemu.

Zadaniem systemu jest wspomaganie procesów decyzyjnych służb utrzymania ruchu zakładów przemysłowych w zakresie bieżącej diagnostyki węzłów łożyskowych maszyn oraz realizacja wdrażanie predykcyjnych strategii utrzymania ruchu.

Opracowany system bazuje na bezprzewodowej sieci czujników wibroakustycznych. W ramach prac przeprowadzono optymalizację poboru energii przez czujniki z baterijnego źródła zasilania. Wybrano i wdrożono protokoły komunikacji radiowej czujników z warstwą akwizycji danych uwzględniające wymogi energooszczędności systemu.

Opracowano i wdrożono rozwiązania dla poszczególnych elementów warstwy programowej systemu. Wybrano i dostosowano środowisko odpowiedzialne za funkcje SCADA systemu uwzględniające wymogi skalowalności, otwartości na warianty zamknięte i chmurowe, a także pozwalające na integrację z narzędziami analityki danych.

W platformę SCADA wpleciono architekturę całego systemu, włącznie z silnikiem analitycznym, rozumianym jako środowisko do uruchamiania i monitorowania modeli diagnostycznych. Silnik oparto w całości o rozwiązania open source. Realizuje on pełny cykl przetwarzania zgodny z metodyką CRISP (Cross Industry Standard Process for Data Mining).

Opracowano analityczną bazę danych o strukturze pozwalającej na przechowywanie odpowiednio przetworzonych i zagregowanych zbiorów cech, gromadzenie informacji o modelu w zakresie prognoz wygenerowanych przez model, rzeczywistych wartości przedmiotu prognozowania, danych konfiguracyjnych o modelach, danych konfiguracyjnych o obiektach podlegających prognozowaniu, danych konfiguracyjnych o akceptowalnych progach prognozy, danych treningowych i walidacyjnych na jakich były trenowane i optymalizowane modele.

Opracowano metody diagnostyczne służące do realizacji zadań PdM (Predictive Maintenance) dla wybranych problemów wdrożeniowych: metody bazujące na analizie trendu i analizie wartości odstających. służące do realizacji zadań PdM bazujące na analizie trendu oraz analizie wartości odstających. W obu wymienionych przypadkach wytypowano zmienne diagnostyczne, opracowano odpowiednie procedury diagnostyczne oraz opracowano sposób prezentacji wyników działania modeli użytkownikowi. Oba modele przetestowano na danych pochodzący z rzeczywistych obiektów, na których został zainstalowany system: na wybranych węzłach łożyskowych suwnicy bramowej służącej do transportu kadzi z surówką w ramach wydziału stalowni huty stali oraz w ramach systemu monitorowania kruszarek węgla pracujących w instalacji podawania paliwa do kotła fluidalnego elektrowni węglowej.

Istotnym elementem opracowanej metodyki diagnozowania jest dodanie elementów objaśnialności wyników działania modeli diagnostycznych. Systemy diagnostyki bazujące na algorytmach maszynowego uczenia są nowością w środowisku służb utrzymania ruchu. Trzeba także zauważyć, że aktualny etap rozwoju tych narzędzi nie pozwala jeszcze na bezkrytyczne przyjmowanie wyników ich działania. Pełnią one dzisiaj rolę systemów wspomagania

decyzji. Dlatego użytkownik musi mieć możliwość oceny “prawdopodobieństwa” prezentowanej prognozy zanim podejmie działania mające na przykład na celu zatrzymanie procesu produkcyjnego. W ramach pracy wdrożono metody objaśnialności pozwalające na objaśnianie decyzji odejmowanych przez model diagnostyczny. Przygotowany model pozwala na graficzną ilustrację stopnia wpływu wybranej cechy modelu na wynik przetwarzania.