

Damian Kurek, Anita Urbaniak,  
Boneffice System Sp. z o.o.

# Systemy wsparcia decyzji operatora bloku

## Zastosowanie metod deterministycznych i nowoczesnych algorytmów AI

**T**ransformacja cyfrowa na dobre wkroczyła do energetyki. Zmiany nie następują wyłącznie w technologii i wymuszają zapotrzebowanie na nowe kompetencje pracowników oraz zmiany sposobu ich pracy. Im więcej stosowanych jest rozwiązań wykorzystujących Sztuczną Inteligencję (AI), tym bardziej potrzebny jest człowiek, wyposażony w odpowiednie narzędzia kontrolne. I w tym obszarze potrzebne są rozwiązania wspierające pracownika w zwiększeniu jego produktywności, poprawę bezpieczeństwa pracy, czy gromadzenia wiedzy.

Branża energetyczna mierzy się obecnie z wieloma wyzwaniami, niektóre z nich to: zwiększona elastyczność produkcji, zwiększona dyspozycyjność (niezawodność) oraz dostęp i zabezpieczenie specjalistycznej wiedzy. Zmiany wymuszane są w dużej mierze przez aktualną politykę klimatyczną. Przy projektowaniu bloków klasy 200 MW nie przewidziano, że większość ich pracy będzie pracą szczytową, a ciągła zmiana rygorów emisyjnych wymusi wprowadzanie coraz to nowych, równolegle pracujących rozwiązań dostarczanych przez różnych dostawców.

Zmiany technologiczne w energetyce klasy 200 MW stawiają też nowe wyzwania przed operatorem bloku, który pełni bezpośredni nadzór nad auto-

matyką i monitoruje pracę bloku. Należy podkreślić, że proces ten staje się coraz trudniejszy wraz z dochodzącymi technologiami, np. odpowiadającymi za utrzymanie emisji i ciągle zmieniającą się specyfikacją pracy jednostki wytwórczej. W rezultacie operator na bieżąco analizuje dziesiątki dodatkowych informacji, a jego uwaga może zostać rozproszona.

Analiza Big Data i metody predykcyjne wykorzystywane są obecnie głównie w obszarach utrzymania ruchu, planowania remontów oraz wykrywania i przewidywania awarii. Celem jest obniżenie kosztów i zarządzanie ryzykiem awarii i nieplanowanych postojów. Istniejące wirtualne elektrownie (symulacje bazujące na bilansach cieplnych

i masowych w połączeniu z równaniami matematycznymi) są pomocne w zrozumieniu procesu, jednak z uwagi na ilość zależnych parametrów i jakość obliczeń, trwają prace nad możliwością wykorzystania wyników dla optymalizacji eksploatacji.

Boneffice System stworzyło autorski model elektrowni węglowej oparty na połączeniu modeli fizycznych i matematycznych, z użyciem zaawansowanych modeli Deep Learning, który w czasie rzeczywistym jest weryfikowany przez realne dane z elektrowni. Elementem rozwiązania jest sposób analizy pracy bloku. Metoda została opatentowana i na jej podstawie został opracowany silnik obliczeniowy Boneffice ETA, który jest platformą dla nowo-

# η ETA

www.boneffice.pl  
info@boneffice.pl  
tel. 696 499 014

## Przemysł 4.0 w praktyce - predykcyjny system wsparcia decyzji operatora bloku energetycznego

Boneffice System ETA jest innowacyjnym rozwiązaniem łączącym wykorzystanie modelowania termodynamicznego i deterministycznego z nowoczesnymi metodami AI, Machine Learning, Deep Learning oraz zaawansowanymi narzędziami informatycznymi.

ETA pozwala na monitorowanie w czasie rzeczywistym zdefiniowanych wskaźników eksploatacyjnych i sprawności bloku energetycznego oraz jego podzespołów.

## Kompleksowe podejście do potrzeb polskiej energetyki węglowej

Poprawa sprawności procesów wytwórczych przy jednoczesnym uwzględnieniu rygoru emisji spalin. Wsparcie w redukcji kosztów emisji CO<sub>2</sub> oraz NO<sub>x</sub>.

Natychmiastowa informacja o generowanych kosztach wynikających z odchyień procesów od nominalnej pracy dla aktualnego stanu urządzeń energetycznych.

Symulacja pracy bloku, szybkie i bezpieczne testowanie ustawień eksploatacyjnych, symulacja stanów nieustalonych.

Monitorowanie stanu technicznego urządzeń, informacja o uszkodzonych czujnikach, predykcja awarii oraz anomalii w procesach.



**Platforma ETA:**  
kontrola jakości przebiegu procesów w trybie on-line

- Modułowa architektura integralna z dowolnym systemem
- Łatwo skalowalny system, wydajny dedykowany silnik obliczeniowy
- Wysoki poziom bezpieczeństwa baz danych typu NoSQL

**Wartość opała:**  
wyznaczanie wartości opałowej paliwa w trybie on-line

- Niezbędny element optymalizacji pracy bloku w czasie rzeczywistym
- Wykorzystanie metod deterministycznych i algorytmów AI

**Walidator czujników pomiarowych:**  
predykcja on-line awarii i anomalii

- Analiza jakości pomiarów i precyzyjne wykrywanie nieprawidłowości w przebiegu procesów wytwórczych
- Wykorzystanie najnowszych algorytmów AI

**NAVIGATOR:**  
wsparcie on-line decyzji operacyjnych wspomagane modelami predykcyjnymi

- Wykorzystanie grupy symulatorów bazujących na sieciach LSTM
- Zestaw konkretnych instrukcji prowadzących do poprawy sprawności
- Monitorowanie wpływu podjętych działań na koszty wytwarzania

**SPARK:**  
integracja danych i systemów firmy, analizy ekonomiczne i techniczne

- Analizy Środowiskowe, Techniczno-Ekonomiczne i Produkcyjne
- Możliwość personalizacji systemu do potrzeb stanowiska
- Pełne raportowanie historyczne, bieżące, porównawcze, etc.

czesnych narzędzi diagnostyki on-line i monitorowania poprawności przebiegu procesów technologicznych. Należy podkreślić, że narzędzie jest wsparciem dla operatora i personelu kontroli eksploatacji. Platforma stanowi podstawę dla innych implementowanych systemów. Na ich poprawną pracę składa się szereg modułów, które razem tworzą rozwiązanie kompleksowe, niezawodne i dopasowane do potrzeb klienta.

Warto wyróżnić moduł wsparcia decyzji operatora Navigator, który pozwala po pierwsze na optymalizację procesu, ale także pozwala wydobyć z danych najlepsze praktyki i doświadczenie operatorów, dzięki czemu wiedza i kompetencje są zachowane. Navigator, wirtualny operator bloku wspiera pracę użytkownika w bieżących optymalizacjach procesów i informuje o nieprawidłowościach. Moduł analizuje jak w danych warunkach eksploatacyjnych zachowali się inni operatorzy (niespersonalizowane dane historyczne) i przy wykorzystaniu modeli symulacyjnych testuje rezultaty możliwych scenariuszy. Wartością wynikową prezentowaną użytkownikowi są uszeregowane wskaźniki mające na celu przeprowadzenie operatora przez proces optymalizacji wybranego wskaźnika pracy układu.

Elementem krytycznym systemów uczących się jest jakość i kompletność danych, dlatego Boneffice System stworzyło bazę danych integrującą dane operacyjne, ekonomiczne oraz procesowe, pozyskiwane z różnych źródeł. Kolejnym niezbędnym elementem jest moduł Walidacyjny. Narzędzie analizuje w czasie rzeczywistym dane, w tym jakość sygnału pomiarowego oraz wartość pomiarową. Opracowane algorytmy walidacyjne wykorzystują najnowsze dostępne rozwiązania AI, które wspierane są przez modele fizyczne odzwierciedlające pracę układu, co znacząco zwiększa niezawodność wyniku oraz pozwala na stabilną pracę z danymi wykraczającymi poza zakresy treningowe modeli. Moduł działa w trybie ukrytym nie zakłócając uwagi użyt-

kownika, jedynie informuje go w momencie wykrycia anomalii lub/i awarii. W przypadku wykrycia uszkodzenia czujnika, model wykorzystuje do poprawnych obliczeń symulowaną wartość pomiaru - „wirtualnego bliźniaka” danego punktu pomiarowego.

Kolejnym kluczowym parametrem pozwalającym na lepszą optymalizację oraz monitorowanie procesów energetycznych bloków węglowych jest informacja o jakości aktualnie spalanego paliwa w kotle w czasie rzeczywistym. Bez tych danych nie można precyzyjnie określić ilości energii wchodzącej do układu. Nie można więc precyzyjnie on-line optymalizować procesu spalania. Jakość spalanego paliwa w polskich elektrowniach nierzadko potrafi wahać się w ciągu doby w zakresie  $\pm 20\%$ . Boneffice System opracowało unikalną metodę określania wartości opałowej paliwa w czasie rzeczywistym, wykorzystującą kombinację metod deterministycznych (modele fizyczne) i nowoczesnych algorytmów Machine Learning oraz Deep Learning (np.: Long Short-Term Memory). W przeciwieństwie do rozwiązań konkurencyjnych, metoda nie wymaga ingerencji w infrastrukturę obiektu, a dokładność symulacji jest

porównywalna z wynikami laboratoriów.

Platforma Boneffice Eta jest systemem otwartym, co pozwala na rozbudowę i wdrażanie dedykowanych modułów bezpośrednio przez użytkowników. Podejście pozwala na dopasowanie rozwiązania do wymagań klienta oraz pełną kompatybilność systemu z obiektem przemysłowym. Boneffice ETA monitoruje bieżące parametry sprawnościowe, symuluje parametry pracy układów w czasie rzeczywistym, prognozuje i generuje ostrzeżenia o nieprawidłowej pracy obiektu. Wszelkie wyliczenia realizowane są w odniesieniu do stanu faktycznego obiektu, a nie wartości projektowych lub odbiorowych.

Polska nie jest liderem w obszarze cyfryzacji przemysłu, jednak jest na dobrej drodze, aby im w bliskiej przyszłości dorównać. Coraz szerzej zauważana i doceniana jest przez branżę energetyczną potrzeba gromadzenia wszelkich danych w nowoczesnych bazach danych i odpowiedniego nimi zarządzania. Właściwe wykorzystanie zawartej w danych wiedzy przekłada się bezpośrednio na obniżenie kosztów firm energetycznych.

□



” Boneffice System stworzyło rozwiązanie oparte na połączeniu modeli fizycznych i matematycznych, w tym zaawansowanych algorytmów Deep Learning, które w czasie rzeczywistym rekomenduje działania dla inżynierów eksploatacji