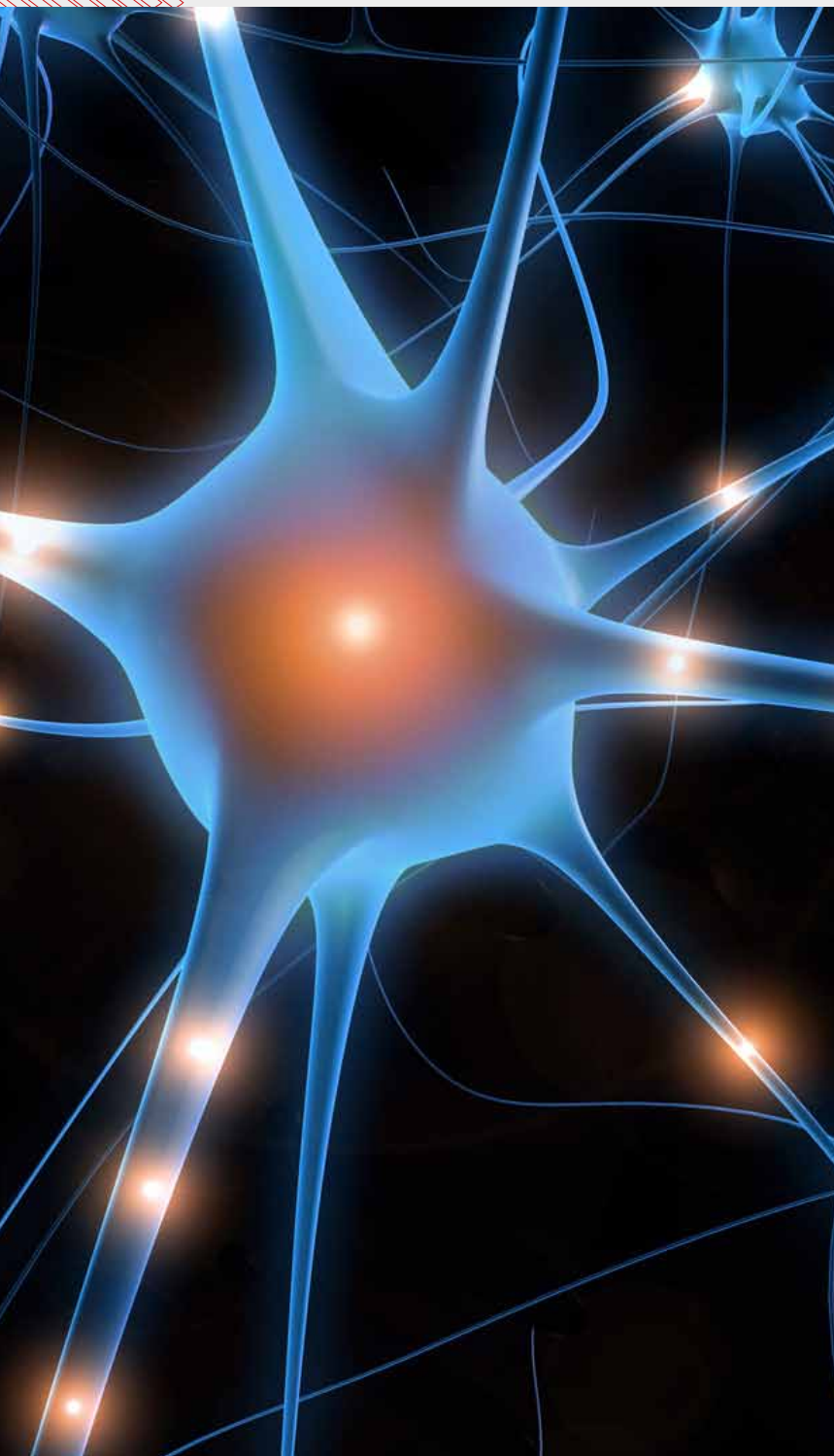


Sztuczna inteligencja w kotłowni

Artificial intelligence in the boiler room

Michał SKAŁECKI



zdjęcie: www.fotolia.pl



NA SKRÓTY

Efekty zastosowania technologii sztucznej inteligencji do optymalizacji pracy kotłów energetycznych są na tyle interesujące, że można i powinno się je wykorzystywać w automatyzacji podobnych obiektów, na przykład wodnych i parowych kotłów rusztowych opalanych węglem. Analiza, opracowanie modelu, testy i w efekcie udana optymalizacja są dowodem na to, że dotychczasowe doświadczenie w zakresie automatyzacji obiektów przemysłowych i energetycznych może być skutecznie uzupełniane nowoczesnym aparatem matematycznym.



SUMMARY

The use of artificial intelligence techniques to optimise power boiler operation produced particularly interesting results which can and should be employed in the automation of similar facilities, such as stoker-fired hot water and steam-heating boilers burning coal. Subsequent stages of analysis, model development, testing, and the resulting successful optimisation demonstrate that the experience obtained to date in the field of automation of industrial and energy-related facilities can be effectively complemented by the modern mathematical apparatus.

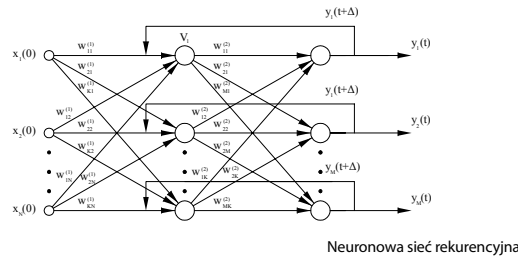
W skład nowoczesnych systemów automatyki przemysłowej wchodzi nie tylko urządzenia wykonawcze, ale także zaawansowane systemy komputerowe do sterowania, wizualizacji i archiwizacji danych obiektowych. Zdecentralizowana struktura systemu automatyki pozwala na implementację wydajniejszych algorytmów sterowania umożliwiając efektywniejsze zarządzanie procesami w przedsiębiorstwie przemysłowym.

Innowacyjnym podejściem optymalizującym działania systemów automatyki, a w konsekwencji podnoszącym jakość pracy urządzeń i linii produkcyjnych, jest zastosowanie rozbudowanych metod matematycznych i informatycznych. Sieci neuronowe są stosowane z powodzeniem w przemyśle do dynamicznych analiz zmian sygnałów, analiz danych statystycznych, czy też predykcji szeregów czasowych. Stąd też idea, aby wykorzystać metody sztucznej inteligencji do identyfikacji, symulacji i optymalizacji procesu spalania węgla kamiennego w energetycznych źródłach ciepła. Przedmiotem badań i analiz wykorzystujących sieci neuronowe był kocioł OR35-N wybudowany na zlecenie jednego z przedsiębiorstw energetyki ciepłej przez czołowego producenta kotłów energetycznych w Polsce.

Analiza obiektu technologicznego

Przed przystąpieniem do projektowania i wykonania systemu automatyki oraz przed rozpoczęciem budowy modelu matematycznego obiektu technologicznego wymagane jest możliwie dokładne zapoznanie się z procesami zachodzącymi w automatyzowanym obiekcie oraz urządzeniami i elementami wykonawczymi. Niezbędne jest także zrozumienie zasad eksploatacji oraz zapoznanie się z doświadczeniami obsługi dotyczącymi działania automatyzowanego obiektu w różnych zakresach i trybach pracy. W ramach przygotowania modelu kotła parowego przeanalizowane zostały podstawowe procesy zachodzące w parowym kotle rusztowym opalanym węglem (spalanie paliwa na ruszcie, odbiór ciepła ze spalin, odparowanie wody) oraz szereg procesów pomocniczych. Jednocześnie, określone zostały najważniejsze urządzenia składowe kotła, elementy wykonawcze oraz niezbędne obwody pomiarowe.

W efekcie analiz możliwe było wyodrębnienie punktów pomiarowych ważnych z punktu widzenia budowy modelu kotła. Pozyskane dane szczegółowe i parametry dotyczące eksploatacji konkretnego kotła pozwoliły w dalszej kolejności na właściwą interpretację otrzymanych wyników i ukierunkowanie kolejnych etapów pracy.



Nauka i testy sztucznej sieci neuronowej

Komputerowy system nadrzędny kotła został zrealizowany z kolei przez jedną z wrocławskich firm w oparciu o oprogramowanie firmy Wonderware. W szczególności zastosowane zostało oprogramowanie wizualizacyjne InTouch wraz z przemysłową bazą danych Industrial SQL Server. Dane do budowy modelu pochodziły właśnie z przemysłowej bazy danych z uwzględnieniem sezonu grzewczego 2008/2009. Przeprowadzona wcześniej analiza budowy kotła pozwoliła ograniczyć ilość interesujących zmiennych z 232 do 95. W następnym etapie odrzucone zostały kolejne 23 pomiary, które dotyczyły zdublowanych obwodów pomiarowych oraz obwodów pomiarowych wyłączonych lub pracujących w ograniczonym zakresie ze względu na awarię lub niekompletność toru pomiarowego w początkowym okresie eksploatacji kotła.

W czasie przeprowadzonych eksperymentów wykorzystano dwie podstawowe struktury sieci neuronowych: sieć jednokierunkową, wielowarstwową o neuronach typu sigmoidalnego oraz sieć rekurencyjną.

Sieć neuronowa została „nauczona” z wykorzystaniem metody Levenberga - Marquardta. Dane wprowadzone do sieci zostały przetworzone w oparciu o operację skalowania na przedział wartości od 0,1 do 0,9. Przeprowadzono liczne testy, zmieniając strukturę oraz parametry sztucznej sieci neuronowej (zmiana czasów opóźnień, czy też ilości neuronów w warstwie ukrytej).

Autor jest absolwentem Politechniki Wrocławskiej. Artykuł powstał na bazie pracy dyplomowej „Symulator kotła parowego z wykorzystaniem sztucznych sieci neuronowych”. Promotorem pracy był dr inż. Andrzej Jabłoński, a konsultantem dr inż. Janusz Lichota.

W czasie testów okazało się bardzo ważne, aby w obszarze wykorzystywanym do nauki sztucznej sieci neuronowej zawierały się charakterystyczne punkty pracy kotła parowego, takie jak proces jego rozruchu, stan pracy z nominalną wydajnością, proces wygaszania, dłuższe przerwy w pracy itd. Do oceny procesu nauki wykorzystywany był zarówno błąd średniokwadratowy pomiędzy wynikiem modelu a rzeczywistą mocą kotła parowego OR35-N, jak i odchylenie standardowe różnicy odpowiedzi modelu oraz obiektu.

W efekcie testów i badań został stworzony model kotła oparty o sieć neuronową zawierającą 72 neurony wejściowe, 5 neuronów ukrytych oraz 1 neuron wyjściowy.

Optymalizator pracy kotła parowego

Celem budowy i weryfikacji modelu kotła parowego opartego o sieć neuronowe było znalezienie metody poprawy efektywności wykorzystania energii chemicznej w paliwie w czasie spalania w parowym kotle rusztowym OR35-N. Zadanie optymalizacji polegało na minimalizacji funkcji celu zdefiniowanej jako chwilowe zużycie paliwa przez kocioł. Wykonane badania dotyczyły pracy kotła z wydajnościami 50, 75 i 100%. Do procesu optymalizacji została przyjęta modyfikacja stanu dziewięciu urządzeń wykonawczych.

W efekcie testów i badań znaleziono modyfikacje ustawień elementów wykonawczych, które umożliwiły:

- zwiększenie wydajności kotła przy niezmiennym zużyciu paliwa,
- zmniejszenie zużycia paliwa przy niezmiennym wydajności kotła.

Z analizy potencjalnych efektów zastosowania optymalizacji pracy kotła parowego z wykorzystaniem sieci neuronowych wynika, że teoretycznie jest możliwe zwiększenie wykorzystania energii chemicznej w paliwie o około 3%. Poprawa efektywności pracy kotłów poprzez zastosowanie inteligentnego układu sterowania i prognozowania przypuszczalnie doprowadzi do znacznego spadku zużycia paliwa. Może to przynieść ogromne oszczędności, co jednocześnie jest powiązane z obniżeniem kosztu wytwarzanej energii. Mniejsze zużycie węgla kamiennego wpływa także na redukcję emitowanych niebezpiecznych związków chemicznych do atmosfery (CO_2 oraz

NO_x). Wynik powyższych analiz teoretycznych wymaga weryfikacji praktycznej.

Każdy nowy blok energetyczny elektrowni konwencjonalnej jest wyposażony w nowoczesny system sterowania oparty na strukturach neuronowych, gwarantujący redukcję emisji substancji toksycznych do atmosfery. Jednak do optymalizacji procesu spalania wykorzystuje się klasyczne podejścia regulacyjne (regulatory PID) i nadal nie uwzględnia się możliwości wykorzystania sztucznej inteligencji. A jednak z przeprowadzonych badań jasno wynika, iż istnieje skuteczna metoda poprawiająca efektywność wskaźników ekonomicznych obiektów energetycznych.

Kolejnym krokiem w kierunku nowoczesnej automatyki jest budowanie systemów eksperckich wspomagających decyzję operatora, które swoje działanie opierają na predykcyjnych strukturach neuronowych. Otwiera się zatem nowe spektrum możliwości dla firm wykorzystujących nowoczesne technologie sterowania.

