

REALIZACJA WNIOSKOWANIA DIAGNOSTYCZNEGO ROZPYLACZA OPRYSKIWACZA POLOWEGO W CZASIE RZECZYWISTYM

Jerzy Langman, Norbert Pedryc

Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie

Streszczenie. Komputery pokładowe stosowane w opryskiwaczach spełniają głównie rolę sterowników odciążając w ten sposób operatora i dokładniej sterują procesem. Informacje dostarczane przez czujniki wykorzystywane są tylko do zmiany parametrów roboczych, ponieważ mikrokomputery nie mają zaimplementowanych procedur diagnostycznych. Rozszerzenie funkcji komputera pokładowego o moduły diagnostyczne wymaga opracowania bardzo wydajnego, a równocześnie prostego w aplikacji systemu diagnostycznego. W pracy przedstawiony został moduł wnioskowania diagnostycznego umożliwiający diagnostykę rozpylaczy opryskiwacza polowego jako osobny moduł jak również może być wykorzystany do rozbudowy istniejących komputerów pokładowych.

Słowa kluczowe: diagnostyka, komputer pokładowy, sieci neuronowe, ochrona roślin, opryskiwacz polowy, rozpylacz

Wstęp

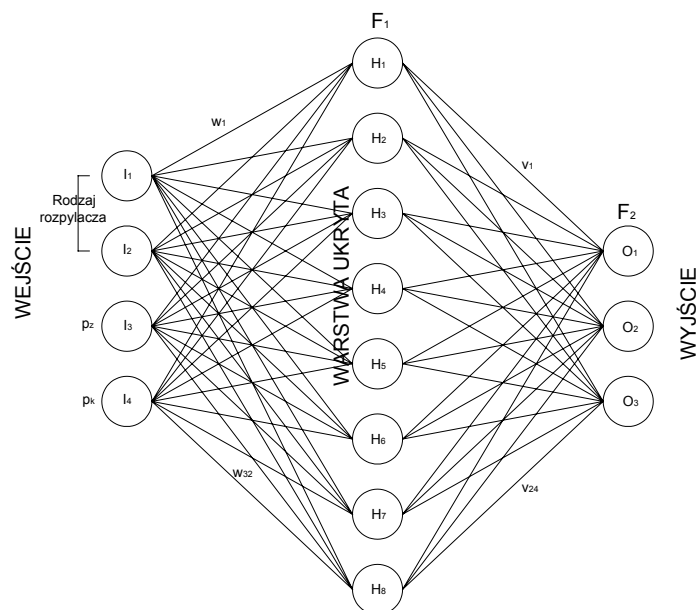
Intensywny rozwój techniki rolniczej, szczególnie związany z wprowadzeniem do eksploatacji częściowo zautomatyzowanych maszyn rolniczych, wymaga zastosowania nowych metod oceny ich stanu technicznego w procesie eksploatacji. Potrzeba oceny stanu technicznego wynika ze złożoności konstrukcyjnej i funkcjonalnej maszyn oraz wymogu zapewnienia ich pełnej dyspozycyjności w bardzo krótkich i ściśle określonych okresach ich użytkowania. Rozszerzenie funkcji komputera pokładowego o moduły diagnostyczne wymaga opracowania bardzo wydajnego, a równocześnie prostego w aplikacji systemu diagnostycznego. Rozbudowa taka pozwoli na ciągłą i pełną realizację monitoringu jakości pracy opryskiwacza. Dopełnieniem funkcji komputera pokładowego powinien być zapis dokumentacji wykonania zabiegu, gdyż w rolnictwie precyzyjnym maszyny rolnicze są elementem systemu, którego części składowe są ze sobą ściśle powiązane pod względem funkcjonalnym oraz występuje pomiędzy nimi ciągła wymiana różnorodnych informacji niezbędnych do prawidłowego i precyzyjnego realizowania procesu technologicznego, jakim jest uprawa pola.

Do określenia stanu opryskiwacza w dwustanowej diagnostyce funkcjonalnej konieczne jest poddanie analizie sygnałów, które określą stan rozpylacza. Odpowiada on w największym stopniu za prawidłowo wykonany zabieg. Sygnały pochodzące z czujników analogowych muszą zostać przetworzone na sygnał cyfrowy a następnie poddane analizie przez

moduł wnioskowania diagnostycznego. Komputery pokładowe stosowane w rolnictwie przejmują kontrolę nad procesem roboczy bez uwzględnienia informacji o stanie maszyny. Rozbudowa funkcji komputera pokładowego o moduł wnioskowania diagnostycznego pozwoli na analizę stanu technicznego najważniejszych elementów maszyny. Podjęte prace miały na celu stworzenie modułu wnioskowania diagnostycznego w oparciu o sztuczne sieci neuronowe (SSN).

Architektura SSN

Sztuczna sieć neuronowa wykorzystana do diagnozy rozpylaczy opryskiwacza polowego została przedstawiona na rys. 1. Ilość neuronów w warstwie wejścia zdeterminowana jest ilością sygnałów wejściowych. Diagnostyka rozpylaczy wymaga wprowadzenia dwóch sygnałów diagnostycznych. W celu zapewnienia większej uniwersalności sieci konieczne jest również wprowadzenie na wejście sieci dodatkowego sygnału, który spowoduje, że sieć będzie rozróżniała typ rozpylacza dzięki czemu nie będzie konieczna zmiana wag połączeń międzyneuronowych w przypadku zmiany rozpylacza. Identyfikacja rodzaju rozpylacza dokonywana będzie za pomocą dwóch neuronów wejściowych. Zaprojektowana sieć posiadała cztery wejścia. Na pierwsze dwa wejścia podawana była informacja o rodzajach rozpylacza zakodowana w postaci liczb binarnych, pozostałe dwa wejścia posłużyły do wprowadzenia sygnału diagnostycznego (p_z , p_k) potrzebnego do uzyskania informacji o stanie rozpylacza.



Rys. 1. Budowa sieci neuronowych: I_n , wejścia; H_n , neurony warstwy ukrytej; F_1 , F_2 funkcje aktywacji; O_n wyjście; w_n , v_n , - wagi połączeń międzyneuronowych

Fig. 1. The structure of neural networks: I_n , inputs; H_n , hidden layer neurons; F_1 , F_2 activation functions; O_n output; w_n , v_n , - weights of interneural connections

Przybliżoną ilość neuronów w warstwie ukrytej można wyliczyć za pomocą wzoru:

$$K = \sqrt{N \cdot M}$$

gdzie:

- K – liczba neuronów w warstwie ukrytej,
- N – liczba neuronów w warstwie wejścia,
- M – liczba neuronów w warstwie wyjścia.

Uzyskana wartość była jednak wstępną liczbą neuronów, którą należało zweryfikować w trakcie uczenia i testowania wytrenowanej sieci. SSN przy wyliczonej ilości neuronów w warstwie ukrytej wykazywała brak możliwości nauczenia się rozwiązywania powierzonego zadania. Konieczna była zmiana liczby neuronów w warstwie ukrytej. Ilość neuronów była zwiększana, aż sieć zaczynała tracić zdolność do uogólniania (12 neuronów). Zwiększenie liczby neuronów dokonywane było w celu określenia optymalnej liczby neuronów, przy której występował najmniejszy błąd przetwarzania wytrenowanej sieci.

$$\varepsilon = \frac{\sum_{i=1}^M (y_{zi} - y_{pi})^2}{M}$$

gdzie:

- y_{zi} – wartość wyjściowa, jaka winna zostać uzyskana,
- y_{pi} – wartość wyjściowa jaka została uzyskana w wyniku przetworzenia sieci,
- M – liczba neuronów w warstwie wyjściowej.

Ilość neuronów w warstwie wyjścia określona została na podstawie analizy postaci sygnału wyjściowego. Na wyjściu sieci neuronowej uzyskujemy odpowiedź zakodowaną w postaci binarnej gdzie miejsce występowania wartości 1 oznacza stan testowanego rozpylacza.

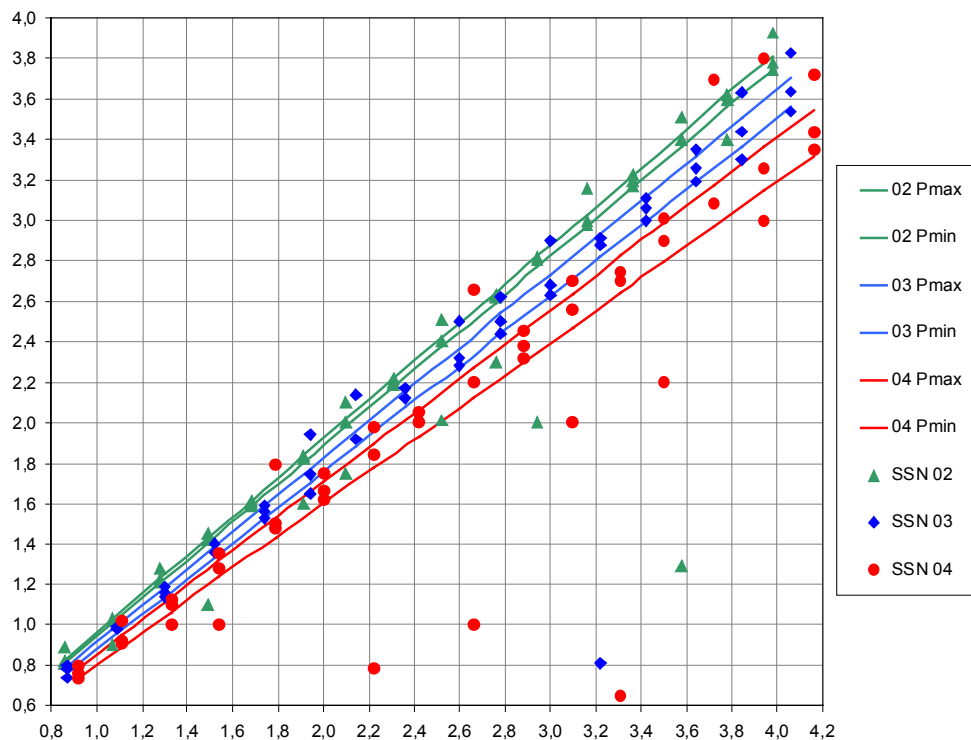
Jeżeli sygnał pojawi się na pierwszym wyjściu oznacza to że rozpylacz ma większy wydatek do wydatku granicznego (rozpylacz rozkalibrowany). Pojawienie się sygnału na drugim wyjściu oznacza rozpylacz pracujący w granicach tolerancji wydatku (rozpylacz sprawny). Trzecia pozycja pojawienia się jedynki oznacza rozpylacz o mniejszej przepustowości (rozpylacz przytkany).

Nauka i testowanie SSN

Do nauki i testowania sieci zostały wyselekcjonowane ciśnienia, które przedstawia rys. 2. Pole zawarte pomiędzy liniami charakteryzuje prawidłową zmienność ciśnień. Do nauki SSN wybrane zostały punkty (ciśnienia p_k) zarówno z przedziału prawidłowych ciśnień p_k oraz przekraczające wartość dopuszczalną.

Dla rozwiązywanego problemu (diagnostyka rozpylaczy) najlepsze parametry uczenia się sieci uzyskano dla ośmiu neuronów w warstwie ukrytej. Opisana sieć charakteryzowała się błędem średnim kwadratowym równym 0,001 uzyskanym w procesie uczenia trwającym 35 000 epok.

Ilość neuronów w warstwie wyjścia dobierano tak, aby wyniki obliczeń SSN były najprostsze w interpretacji. Komputery pracują w trybie binarnym dlatego najlepszym sposobem interpretacji odpowiedzi było podanie jej w formie liczb binarnych. Z tego powodu omawiana sieć posiadała trzy wyjścia umożliwiające zakodowanie jednego z dwóch stanów w jakich znajdował się rozpylacz. W przypadku niesprawności podawany był również rodzaj usterki. Dlatego na wyjściu pojawiała się jedna z trzech możliwych odpowiedzi (wynik obliczeń). W czasie pracy na trzech wyjściach sieci neuronowej pojawia się odpowiedzi w formie zakodowanej. Miejsce występowania jedynki wskazuje stan testowanego rozpylacza: jeżeli wystąpi na wyjściu O_2 oznacza to, że rozpylacz jest sprawny, natomiast jeżeli jedynka będzie na wyjściu O_1 lub O_3 oznacza to przekroczenie dopuszczalnych zmian ciśnienia dla prawidłowej pracy rozpylaczy. Rozróżnienie rodzaju usterki (stanu przytkania lub rozkalibrowania) możliwe jest przez rozróżnienie stanów O_1 , O_3 .



Rys. 2. Wybrane punkty (ciśnienia p_k) do nauki SSN
 Fig. 2. Selected points (of pressure p_k) for SSN teaching

Wnioskowanie diagnostyczne

Proces wnioskowania zaczyna się od wprowadzenia przez operatora ilości zamontowanych rozpylaczy na belce połowej opryskiwacza. Wprowadzone dane wykorzystywane będą przez program współpracujący z SSN w celu dokonania diagnozy. Po zakończeniu wprowadzania program automatycznie załaduje wartości wag v i w z pamięci EEPROM do pamięci operacyjnej komputera pokładowego (SSN), a następnie uruchomi pierwszy tor pomiarowy wykorzystując do tego celu multiplexer, przez podanie na wejścia adresowe multiplexera numeru aktualnie kontrolowanego rozpylacza. Uruchomione połączenie odpowiedniego toru pomiarowego rozpocznie proces diagnozy rozpylacza przez SSN. Wynik obliczeń SSN zostanie poddany rozróżnieniu z wykorzystaniem warunku logicznego i w przypadku odpowiedzi pozytywnej na pytanie „czy wykryto awarię?” zostanie wyświetlona na panelu operatora informacja o awarii z podaniem numeru uszkodzonego rozpylacza oraz rodzajem awarii. Po wyświetleniu informacji o wystąpieniu awarii rozpylacza lub w przypadku odpowiedzi negatywnej na wcześniej postawione pytanie program wywoła zmianę toru pomiarowego na tor $n=n+1$. Jeżeli nowy tor pomiarowy uzyska wartość wyższą od liczby rozpylaczy zadeklarowanych do diagnozy przez operatora $n=n_{\max}+1$ zostanie zmieniona wartość toru pomiarowego na $n=1$ i skierowana na przesterowanie multiplexa na pierwszy tor pomiarowy. Gdy nowa wartość n nie przekracza n_{\max} ($n < n_{\max}$) wówczas nowy numer toru pomiarowego zostanie przekazany na multiplexer.

W algorytmie nie przewidziano procedury przerwania w dowolnym momencie pracy programu, gdyż funkcja diagnostyczna powinna być aktywna przez cały czas pracy maszyny. Zakończenie pracy programu nastąpi po wyłączeniu zasilania komputera pokładowego po zakończeniu pracy całej maszyny.

Realizacja wnioskowania diagnostycznego

Za prawidłową pracę modułu wnioskowania diagnostycznego odpowiadać będzie powłoka systemu operacyjnego komputera pokładowego. Jej zadaniem będzie odczytanie sygnałów z czujników i przetworzenie ich w celu uzyskania diagnozy. Jest to tzw. warstwa robocza, w skład której wchodzi oprogramowanie pomiarowe i moduł wnioskowania diagnostycznego. Powierzone są jej następujące funkcje: obsługa wielokanałowych przetworników A/C, pomiar częstotliwości, przetworzenie zebranych danych wykorzystując sztuczne sieci neuronowe, obsługa bufora danych oraz portów wejścia, wyjścia.

Do pomiaru ciśnienia (sygnału diagnostycznego) mogą posłużyć przetworniki ciśnienia dostępne na rynku, charakteryzujące się pomiarem ciśnienia względnego w zakresie 0 do 0,69 MPa z dokładnością 0,1%.

W celu uniknięcia konieczności stosowania wielu modułów A/C z powodu mnogości sygnałów wejściowych. Zwiększenia liczby wejść pomiarowych możliwe jest przy podłączenie do jednokanałowego przetwornika A/C multiplexera. Spowoduje to ośmiokrotne zwiększenie liczby wejść. Wywołanie odpowiedniego toru pomiarowego dokonywane jest za pomocą wejścia adresowego multiplexera. Wprowadzenie odpowiedniego adresu spowoduje połączenie jednego z ośmiu wejść z wyjściem. Uzyskamy w ten sposób połączenie czujnika z przetwornikiem A/C, który dokona próbkowania i kwantyzacji danych wejściowych w celu uzyskania na wyjściu sygnału cyfrowego.

Wnioski

1. Najlepsza architektura SSN do celów diagnostycznych przedstawia się następująco:
 - cztery wejścia
 - trzy wyjścia
 - osiem neuronów w warstwie ukrytej
 - funkcja aktywacji warstwy wejścia oraz warstwy ukrytej – sigmoidalna (logistyczna).
2. Algorytm wnioskowania diagnostycznego wykorzystujący SSN może być łatwo modyfikowany (wystarczy wymiana zbioru wag połączeń międzyneuronowych bez konieczności zmiany architektury sieci).
3. Zaproponowane rozwiązanie systemu diagnostyki on-line rozpylaczy może być zaimplementowane w istniejącym komputerze pokładowym ciągnika, może również być niezależnym modulem diagnostycznym wykorzystującym mikrokontrolery 8 bitowe – dla ciągników nieposiadających komputera pokładowego.

Bibliografia

- Kaczorowski J., Langman J.** 1996. Diagnostowanie wybranych maszyn rolniczych z użyciem sieci neuronowych. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych z. 444.
- Langman J.** 1998. Diagnostowanie maszyn rolniczych. Rozprawa habilitacyjna. Zeszyty Naukowe Z. 243. AR Kraków.
- Kaczorowski J., Langman J.** 2001. Problemy implementacji sztucznej inteligencji w komputerach pokładowych agregatów rolniczych. Inżynieria Rolnicza. Nr 11(32). Kraków. s. 113-119.
- Langman J., Pedryc N.** 2003. Ocena rozpylaczy płaskostrumieniowych na podstawie charakterystyki rozkładu poprzecznego cieczy. Inżynieria Rolnicza. Nr 10(52). Kraków. s. 269-276.
- Langman J. Pedryc N.** 2005. Device for continuous monitoring of operatial quality of spray nozzles In agricultural sprayers. Praga. s. 133-137.
- Langman J., Pedryc N.** 2006. Skaner do badania rozkładu poprzecznego strugi rozpylaczy płaskostrumieniowych. Inżynieria Rolnicza. Nr 13(88). Kraków. s. 287-294.

IMPLEMENTATION OF DIAGNOSTIC CONCLUDING FOR FIELD SPRAYING MACHINE ATOMISER IN REAL TIME

Abstract. On-board computers employed in spraying machines work mainly as controllers, and thus they relieve machine operators and control the process more precisely. Information delivered by sensors is used only to change working parameters, because microcomputers do not have any implemented diagnostic procedures. Adding diagnostic modules to on-board computer functions requires a diagnostic system to be developed, which would be very efficient and at the same time simple to apply. The work presents diagnostic concluding module allowing to diagnose field spraying machine atomisers that may either work as a separate module or be used to expand existing on-board computers.

Key words: diagnostics, on-board computer, neural networks, plant protection, field spraying machine, atomiser

Adres do korespondencji:

Jerzy Langman; e-mail: rlangma@cyf-kr.edu.pl
Katedra Inżynierii Mechanicznej i Agrofizyki
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie
ul. Balicka 120
30-149 Kraków